

DISEÑO DE EQUIPO PARA TEÑIDO DEL TIPO JIGGER

CESAR EDUARDO LIZALDA VALENCIA

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRONICA
SANTIAGO DE CALI
2007**

DISEÑO DE EQUIPO PARA TEÑIDO DEL TIPO JIGGER

CESAR EDUARDO LIZALDA VALENCIA

Pasantía para optar al título de ingeniero mecatrónico

**Director
HECTOR JARAMILLO
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRONICA
SANTIAGO DE CALI
2007**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requerimientos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Mecatrónico

HECTOR JARAMILLO

Director

DIEGO ALMARIO

Jurado

Santiago de Cali, 18 de Febrero de 2008

Dedico este trabajo a Dios todopoderoso, a mi padre Ramiro Lizalda quien cree firmemente que la educación es lo único que nos queda y por eso se esmero por darme la mejor educación; a mis tías Viviam Lizalda y Carmen Lizalda por su apoyo moral y económico, sin ellas el camino hubiera sido más difícil.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Fábrica de Telas Elásticas S.A. por darme la oportunidad de crecer profesional y personalmente colocando en mis manos este importantísimo proyecto. Agradezco a mi director de pasantía Héctor Jaramillo por su apoyo y paciencia para la culminación de este trabajo de grado.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	22
RESUMEN	24
INTRODUCCION	25
1. PLANTEAMIENTO DE LA MISION	26
1.1. DESCRIPCION DEL PRODUCTO	26
1.2. PRINCIPALES OBJETIVOS DE MARKETING	26
1.3. MERCADO OBJETIVO	26
1.4. PREMISAS Y RESTRICCIONES	26
1.5. PARTES IMPLICADAS	26
2. PLANTEAMIENTO DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE	27
2.1. IDENTIFICACION DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE	27
3. ESPECIFICACIONES PRELIMINARES DEL DISPOSITIVO	31
4. GENERACION DE CONCEPTOS	32
4.1. CLARIFICACION DEL PROBLEMA	32
4.1.1. Descripción del producto	32
4.2. CAJA NEGRA	33
4.2.1. Descomposición funcional	33
4.3. EXPLORACION SISTEMATIZADA	34
4.3.1. Árbol de clasificación de los conceptos	34
4.3.2. Árbol de clasificación ramificada	35

4.3.3. Refinamiento de la descomposición	36
4.3.4. Refinamiento de las energías con sus respectivas combinaciones	36
4.3.5. Segunda línea de flujo con sus respectivas combinaciones	37
5. SELECCIÓN DE CONCEPTOS	39
5.1. APLICACIÓN DEL METODO DE TAMIZAJE	39
5.2. COMBINACION DE CONCEPTOS	41
5.3. VARIANTE DE CRITERIO DE SELECCIÓN	42
6. PRUEBA DE CONCEPTOS	43
6.1. METODO DE LA PRUEBA DE CONCEPTOS	43
6.2. FORMATO DE ENCUESTA.	44
6.3. RESULTADO DE LA ENCUESTA PROPUESTA	45
6.4. ESPECIFICACIONES FINALES OBTENIDAS DESPUES DE LA PRUEBA DE CONCEPTOS	45
7. ARQUITECTURA DEL PRODUCTO.	46
7.1. DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA DEL PRODUCTO	46
7.1.1 Elementos físicos Vs. Elementos funcionales- Modular	46
7.1.2 Elementos físicos Vs. Elementos funcionales- Integral	48
7.1.3 Selección de la arquitectura	49
7.2. ESTABLECIMIENTO DE UNA ARQUITECTURA MODULAR	50
7.2.1. Esquema de una máquina de teñir del tipo Jigger	50
7.2.2. Agrupación de elementos a clúster	50
7.2.3. Distribución geométrica de los componentes (Layout)	51

7.2.4. Interacciones fundamentales e incidentales	52
7.3. ASIGNACION DEL SISTEMA AL GRUPO DE DESARROLLO BASADO EN LA A.P.	53
7.4. DISTRIBUCION DE LOS ELEMENTOS DENTRO DEL SISTEMA	54
7.5. CONCLUSIONES: ARQUITECTURA DEL PRODUCTO	55
8. DISEÑO INDUSTRIAL	57
8.1. IDENTIFICACION DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE	57
8.1.1 Necesidades ergonómicas	57
8.1.2. Necesidades estéticas	58
8.2. CONCLUSION: DISEÑO INDUSTRIAL	60
9. DISEÑO PARA MANUFACTURA	61
9.1. PROCEDIMIENTO DE ENSAMBLE	61
9.2. ANALISIS DEL DPM	62
9.3. PROPUESTA DE REDISEÑO PARA DISMINUIR COSTOS DE MANUFACTURA	64
9.3.1. Costos de los componentes	64
9.3.2. Costos por manufactura	65
9.3.3. Costos por ensamble	67
9.4. CONCLUSION: DISEÑO PARA MANUFACTURA	67
10. PROTOTIPADO	68
10.1. PLANEACION DEL PROTOTIPO	68
10.1.1. Definición del propósito	68
10.1.2. Objetivos del propósito	69

10.1.3. Descripción del producto	69
10.1.4. Establecer el grado de aproximación	69
10.2. PROGRAMA PARA LA EJECUCION DEL PROYECTO	70
10.2.1. Lista de actividades	70
10.2.2. Duración de las actividades	72
10.3. DIBUJOS ILUSTRATIVOS DEL PROTOTIPO	73
10.4. ESQUEMA INTEGRADOR DEL PROYECTO	74
11. DISEÑO PARA MANTENIMIENTO	75
12. DISEÑO DETALLADO	79
12.1. SISTEMA MECANICO	79
12.1.1. Diseño concurrente	79
12.1.2. Documentación Mecánica	81
12.2. SISTEMA ELECTRICO Y ELECTRONICO DE CONTROL	109
12.2.1. Descripción de elementos eléctricos y protección del sistema	110
12.2.2 Descripción de elementos electrónicos y acondicionamiento	129
12.2.3. Lista de componentes electrónicos de control	134
13. SISTEMA DE AUTOMATIZACION	135
13.1. ELEMENTOS UTILIZADOS EN LA AUTOMATIZACION	135
13.2. PRINCIPALES ETAPAS DEL PROCESO DE TEÑIDO DE TEXTILES	136
13.3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE TEÑIDO EN LA FÁBRICA DE TELAS ELASTICAS S.A.	137

13.4. DESCRIPCION DEL PROYECTO DE AUTOMATIZACION	137
13.5. DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRODUCCION DE TELA A COLOR	138
13.6. COMPONENTES	139
13.7. FUNCIONAMIENTO	140
13.7.1. Carga de la tela	140
13.7.2. Paso modo manual-automático	140
13.7.3. El proceso de teñido para el modo automático comienza así:	140
13.7.4. Paso de modo Automático a Manual	144
13.8. GESTION DE ALARMAS	144
13.9. SELECCIÓN DEL AUTOMATA PROGRAMABLE	146
13.10. CONFIGURACION DEL PLC NECESARIO	149
13.11. ESTRUCTURA DE PROGRAMACION	151
13.11.1. Programación lineal	151
13.11.2. Programación estructurada	151
13.12. EL GRAFCET	151
13.12.1. Nombre de las entradas y salidas con su respectiva dirección en el PLC	152
13.12.2. Código de programación	155
14. CONCLUSIONES	164
BIBLIOGRAFIA	165
ANEXOS	166

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Establecimiento de las necesidades del cliente.	28
Tabla 2. Especificaciones preliminares del dispositivo.	31
Tabla 3. Método de Tamizaje para las variantes de conceptos.	39
Tabla 4. Evaluación de la combinación de los conceptos.	41
Tabla 5. Evaluación de la combinación de los conceptos con variante en los porcentajes ponderados de referencia. Este ejercicio arroja un concepto que sobresale sobre los demás.	42
Tabla 6. Asignación de los elementos físicos del sistema a los grupos de trabajo.	53
Tabla 7. Lista de actividades y elementos de trabajo para la realización del prototipo.	72
Tabla 8. Datos obtenidos de dos muestras de tela antes de iniciar el proceso de teñido.	82
Tabla 9. Datos obtenidos de dos muestras de tela después de haber realizado la primera pasada al interior de la tina.	83
Tabla 10. Datos obtenidos de dos muestras de tela al finalizar el proceso de teñido.	83
Tabla 11. Propiedades físicas y mecánicas del acero inoxidable AISI 310.	85
Tabla 12. Cargas límites para el Acero Inoxidable 309.	86
Tabla 13. Propiedades mecánicas para el Acero ASTM A-36	90
Tabla 14. Lista de las 49 piezas utilizadas en el diseño inicial y base para el diseño final del proyecto.	100
Tabla 15. Descripción de las piezas más representativas de la	

máquina de teñir.	101
Tabla 16. Descripción de la CPU, el tipo y cantidad de entradas y salidas.	113
Tabla 17. Seleccionar el tipo de RTD.	115
Tabla 18. Selección del sentido de saturación, la escala de temperatura y esquema de cableado.	117
Tabla 19. Descripción de los módulos y números de referencia.	118
Tabla 20. Coeficiente de fricción entre superficies.	121
Tabla 21. Cuatro opciones de motores mostradas por el asistente.	127
Tabla 22. Datos técnicos del sensor ultrasónico.	133
Tabla 23. Descripción de los elementos electrónicos.	134
Tabla 24. Lista de componentes de control y automatización del proyecto.	146
Tabla 25. Especificaciones para el Simatic S7- 224.	150
Tabla 26. Datos técnicos más relevantes para la CPU S7-224.	151
Tabla 27. Lista de entradas, salidas, memorias, temporizadores, etc.	152

LISTA DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 1. Esquema de las mejores máquinas del tipo Jigger que se pueden encontrar en el mercado.	27
Figura 2. Representación de la caja negra con sus entradas y salidas respectivamente.	33
Figura 3. Descomposición funcional de la caja negra.	34
Figura 4. Diagrama que representa el flujo de energía externa de forma ramificada.	35
Figura 5. Diagrama de las dos líneas de flujo para la “Energía Externa”.	36
Figura 6. Representación de las dos líneas de flujo para la “Energía Externa” con sus respectivos conceptos por cada subconjunto.	36
Figura 7. Ramificación de la energía eléctrica.	37
Figura 8. Representación de la línea de flujo #2.	38
Figura 9. Esquema de una máquina de teñir que posee algunos de los conceptos generados anteriormente.	38
Figura 10. Máquina del tipo Jigger año 1990.	40
Figura 11. Vista isométrica.	44
Figura 12. Modelo 3D diseñado en el programa Solid Edge Vs. Foto de la máquina referencia.	44
Figura 13. Punto de comparación para corroborar los elementos físicos y funcionales.	46

Figura 14. Relación de los elementos físicos con los elementos funcionales de la máquina para una arquitectura modular.	47
Figura 15. Relación entre los elementos físicos y los elementos funcionales para una arquitectura integral.	48
Figura 16. Relación de los elementos físicos dentro del sistema.	50
Figura 17. Agrupación de los elementos físicos en clústeres.	51
Figura 18. Distribución geométrica (Layout) de los grupos o clústeres.	51
Figura 19. Interacciones fundamentales entre elementos de diferentes grupos.	52
Figura 20. Interacciones incidentales entre los grupos.	52
Figura 21. Diagrama que muestra las interacciones dentro del sistema de los elementos funcionales.	55
Figura 22. Evaluación del diseño industrial en el producto.	59
Figura 23. El diseño de la máquina está ubicado en el dominio de la tecnología.	59
Figura 24. Dibujo del prototipo realizado con la herramienta CAD Solid Edge.	61
Figura 25. Doblado de una lamina con las caras laterales soldadas a esta para conseguir la pieza final.	65
Figura 26. Soporte lateral de la máquina.	65
Figura 27. Soporte lateral de la maquina.	66
Figura 28. Soporte transversal de la tina.	66
Figura 29. Fotos tomadas al prototipo realizado con fines de estudio de manufactura y ensamble.	70

Figura 30. Vista lateral del prototipo.	73
Figura 31. Diferentes vistas del prototipo realizadas en Solid Edge Vs. Prototipo físico.	74
Figura 32a. Esquema del conjunto en general con el flujo de señales.	75
Figura 32b. Barras de sostenimiento de la puerta de acceso.	76
Figura 33a. Resorte de la puerta de acceso.	
Figura 33b. Motobomba de recirculación.	76
Figura 33d. Tubería externa de agentes químicos.	76
Figura 34. Rodillo principal.	76
Figura 35. Carcasa lateral parte superior.	77
Figura 36 Tina del diseño prototipado.	77
Figura 37. Carcasa lateral parte inferior.	77
Figura 38. Eje principal.	77
Figura 39. Diagrama de un reductor planetario y un reductor cicloidal respectivamente.	78
Figura 40. Partes estándares utilizadas en el diseño y montaje en el programa de diseño Solid Edge v.19	80
Figura 41. Representación en Layout de la máquina de teñir.	81
Figura 42. Dibujo representativo del rodillo principal.	85
Figura 43. Representacion del modelo de mallado realizado a la pieza.	86
Figura44. Rodillo principal sometido a cargas.	87
Figura 45. Evaluacion de la pieza con el criterio de Von Misses.	87
Figura 46. Analisis del factor de seguridad para la pieza.	87

Figura 47. Representación grafica del sistema de enrollamiento.	88
Figura 48. Modelo de mallado para el eje principal.	88
Figura 49. Análisis por el criterio de Von Misses	89
Figura 50. Factor de seguridad para el eje principal .	89
Figura 51. Soporte lateral superior con el modelo de malla aplicado.	90
Figura 52. Representación de las cargas aplicadas en los puntos de apoyo del sistema de enrollamiento.	90
Figura 53. Representación del comportamiento de la pieza sometido a cargas.	91
Figura 54. Análisis del factor de seguridad para el soporte lateral superior.	91
Figura 55. Modelo de malla aplicado al soporte lateral inferior.	92
Figura 56. Representación de las cargas aplicadas en la superficie de la pieza.	92
Figura 57. Resultado del análisis del factor de seguridad para esta pieza.	92
Figura 58. Aplicación del criterio de Von Misses al soporte lateral inferior.	92
Figura 59. Aplicación del modelo de mallado a la pieza diseñada en Solid Edge.	93
Figura 60. Representación geométrica de la tina y el cálculo de su respectivo volumen interior.	94
Figura 61. Soporte Transversal con cargas aplicadas en su superficie.	94
Figura 61a. Representación grafica del comportamiento de la pieza a cargas reales aplicadas a su superficie.	95
Figura 62. Representación de la tina con el modelo de malla	

aplicado.	96
Figura 63. Representación de las cargas aplicadas a las pestañas más largas.	96
Figura 64. Análisis de la pieza utilizando el programa Algor.	96
Figura 65. Resultado del análisis para el factor de seguridad de la pieza.	96
Figura 66. Representacion del sistema de enrollamiento.	97
Figura 67. Vista lateral del sistema con las distancia necesarias para el analisis de momentos.	98
Figura 68. Diagrama de cuerpo libre del sistema.	98
Figura 69. Vista isometrica derecha.	108
Figura 70. Vista isometrica izquierda.	109
Figura 71. Vista lateral de la tina y el sistema de enrollamiento.	109
Figura 72. Dibujo de los circuitos breaker.	110
Figura 73. Aplicación de los overload relay.	110
Figura 74. Pulsadores de diferente presentación.	111
Figura 75. Switches de 2 y 4 posiciones.	111
Figura 76. Luces piloto.	111
Figura 77. Arrancador de motor.	112
Figura 78. Columnas de señalización.	112
Figura 79. Dibujo de un transformador y el diagrama eléctrico de implementación.	112
Figura 80. Pines de conexión a la fuente de alimentación.	113

Figura 81. Esquema de conexión del modulo análogo.	114
Figura 82. Diagrama de alimentación del PLC y los módulos adicionales.	114
Figura 83. Identificación de los terminales de conexión para la CPU 224.	115
Figura 84. Configuración de los DIP del modulo RTD.	115
Figura 85. Esquema de circuitos del modulo RTD.	116
Figura 86. Esquema de los tipos de conexión del sensor de temperatura con el modulo RTD.	116
Figura 87. Configuración de los DIP.	117
Figura 88. Diagrama de conexión típica para un motor trifásico.	119
Figura 89. Figura de un Micromaster B.	119
Figura 90. Vista en iso con acople del sensor.	120
Figura 91. Vista lateral del sistema a controlar.	120
Figura 92. Condiciones ideales del sistema.	121
Figura 93. Dirección de la tela al inicio del proceso.	123
Figura 94. Movimiento contra horario de los motores.	124
Figura 95. Datos para ingresar al variador Micromaster B de siemens.	125
Figura 96. Esquema de conexión eléctrica del variador de frecuencia.	125
Figura 97. Formato de asistencia para la selección de motores de Siemens.	127
Figura 98. Motor seleccionado y la tabla técnica.	128

Figura 99. Tipos de electroválvulas de la marca Danfoss.	129
Figura 100. Diagrama interno de una electroválvula.	129
Figura 101. Imagen de una válvula de ¼ de pulgada.	131
Figura 102. PTC 100 del tipo AKS.	132
Figura 103. Ubicación de los sensores ultrasónicos.	133
Figura 104. Presentaciones de los sensores ultrasónicos.	134
Figura 105. Diagrama de flujo que representa el proceso de lavado, blanqueado y teñido de la tela que se lleva a cabo en la fábrica de telas elásticas s.a.	137
Figura 106. Esquema del proceso.	138
Figura 107. Esquema del tablero de control.	138
Figura 108. Etapa de enjuague.	141
Figura 109. Etapa de fijación del tinte.	142
Figura 110. Etapa de teñido y acabado final.	143
Figura 111. Etapa de modo manual-automático.	144
Figura 112. Representación de todos los estados para el modo1 de teñido a color.	145
Figura 113. Dibujo de la CPU S7-224.	150
Figura 114. Esquema de conexiones al PLC.	150
Figura 115. Diagrama de estados para el proceso de teñir tela en el modo 1.	152
Figura 116. Código de programación para el control del motor A.	159
Figura 117. Código de control para el motor B.	159
Figura 118. Código de control para el motor A.	159

Figura 119. Código de control para el motor B.	160
Figura 120. Código de control para la motobomba.	160
Figura 121. Salida a la válvula de agua.	160
Figura 122. Salida a la válvula de agentes químicos.	161
Figura 123. Salida a la válvula de vapor.	161
Figura 124. Salida a la válvula de desagüe.	161
Figura 125. Salidas a los pilotos de señalización del estado del proceso.	162

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A: Tablas del método QFD	165
Anexo B: Formula para el diámetro máximo del tambor	175
Anexo C: Lista de planos	177
Anexo D: Formato de encuesta	195
Anexo E: Datos técnicos del motor seleccionado	197

GLOSARIO

ACERO INOXIDABLE 309: Estos aceros están basados en la adición de cantidades considerables de cromo y níquel a los que se suman otros elementos para otras propiedades más específicas. Son resistentes a ambientes húmedos, a agentes químicos y a altas temperaturas. Sus aplicaciones más importantes son para la fabricación de depósitos de agua, cámaras frigoríficas industriales, material clínico e instrumentos quirúrgicos, pequeños electrodomésticos, material doméstico como cuberterías, cuchillería, etc.

ALGOR: Constituye un conjunto de herramientas software en un variado campo del análisis mecánico o estructural, basado en el Método de los Elementos Finitos (FEA). Fue el primer software FEA sobre PC.

BENNINGER#2: Hace referencia a la máquina numero 2 según como están identificadas en la fábrica, y Benninger hace referencia al fabricante de este tipo de máquina.

LYCRA: Es una marca registrada por la empresa DuPont en 1958 para un tejido hecho con un material sintético con propiedades elásticas del tipo llamado genéricamente spandex o fibras elastoméricas. Se trata de un polímero de cadena muy larga, formado por lo menos con un 85% de poliuretano segmentado (Spandex); obteniéndose filamentos continuos que pueden ser multifilamento o monofilamento.

NYLON: Nailon o Nylon, término aplicado a una resina sintética utilizada en fibras textiles, caracterizada por una gran resistencia, dureza y elasticidad. Se procesa también en forma de cerdas y productos moldeados.

El nailon, que se obtiene en forma de un material duro similar al marfil, se funde y se hace pasar por los orificios de un disco de metal. Los filamentos se solidifican con un chorro de aire y se estiran hasta hacerlos cuatro veces más largos. El diámetro de los filamentos se controla modificando la velocidad a la que se bombea el nailon a través de los orificios y la velocidad con que se tira de ellos. Es posible hacer con nailon filamentos mucho más finos que los de las fibras convencionales. Las fibras pueden tener el brillo y la apariencia de la seda o el aspecto de fibras naturales como el algodón. Su resistencia a la tensión es mucho mayor que la de la lana, la seda, el rayón o el algodón. Es posible aplicar tintes a la masa fundida de nailon o al tejido o la fibra ya terminados.

SOLID EDGE: Es un sistema de definición de producto idóneo para aquellos profesionales del diseño mecánico que apuesten por la ventaja competitiva. Solid

Edge ofrece una excelente productividad para el diseño y la producción de planos de piezas mecánicas y ensamblajes.

TAMIZAR: Depurar, elegir con cuidado y minuciosidad.

RESUMEN

En la primera parte del diseño de la máquina de teñir tela del tipo “Jigger” se planteo la misión, se identifico el problema, posteriormente se identifico las necesidades del cliente por medio de entrevistas personales, tanto con el gerente de la empresa como con los operarios encargados de manejar este tipo de máquina en la empresa. Luego llegamos a las especificaciones preliminares; con estas especificaciones se comienza a plantear los diferentes conceptos, luego de identificar ciertos conjuntos funcionales, se selecciono el concepto más sobresaliente según los métodos y criterios que se aplico para este fin, con este concepto claro se continuo con la socialización del producto por medio de encuestas; esta encuesta fue dirigida a los operarios que manejan diariamente este tipo de máquina.

Durante la segunda etapa del diseño se aplico una cantidad de métodos enfocados a realizar un diseño concurrente y ordenado.

Se profundizo en la aplicación de herramientas CAD para la simulación del conjunto que se considera más crítico del sistema, como lo es la estructura mecánica, los ejes y rodamientos.

Para la consideración del conjunto mecánico como la parte crítica del sistema se tuvo en cuenta las conclusiones obtenidas durante la selección de la Arquitectura del Producto, y con la ayuda del Layout. Se concluyo que era de suma importancia analizar el sistema que teníamos a disposición, como es la máquina de teñir tela tipo Jigger de marca Benninger, que se encuentra en la fábrica donde se realiza el proyecto. Se inicio con la toma de medidas reales a la máquina, y con el respaldo de imágenes fotográficas y cortos videos para tener un soporte a la hora de diseñar las piezas; se excluyeron las medidas del diámetro de los tornillos dejando a criterio nuestro su selección pues considero que no son criticas estas medidas cuando su selección están dentro de un rango lógico y proporcional. Debido a lo anterior el conjunto mecánico fue diseñado en el programa de simulación Solid Edge v.19, para que posteriormente, y luego de tener armado el conjunto, analizar el comportamiento de los materiales sometido a cargas estáticas y dinámicas, con la ayuda del software Algor v19.

La etapa final del diseño de la máquina de teñir del tipo Jigger se enfoco en el diseño para manufactura, donde se hizo un estudio al comportamiento de los materiales que estarán sometidos a grandes esfuerzos, además de ser los más grandes y de mayor valor económico, se respaldo este estudio con la simulación en el programa Algor.

INTRODUCCION

La industria textil en Colombia ha aumentado en las últimas décadas, debido al alto porcentaje de utilidad que dejan estos productos, y, a la permanente demanda que ejerce el mercado sobre este sector industrial; pues es claro para todos que diariamente llevamos con nosotros una prenda de vestir confeccionada, siendo este un producto final derivado del sector textil.

En la Fábrica de Telas Elásticas S.A. trabajan con una materia prima (Nylon y Lycra) y tipo de tejido específico llamado tejido de punto Raschell (tejido de punto por urdimbre).

El proceso de esta tela desde que llega en su forma simple (materia prima) hasta que es despachada a los clientes, ha debido pasar por cuatro etapas principales que son: tejeduría, tintorería, acabado final y bodega y su posterior despacho.

La sección de tintorería cuenta con una maquinaria bastante obsoleta tanto en el equipo de teñido (Jigger) como el acabado final (secadora); necesitando un alto grado de conocimiento, concentración y esfuerzo por parte del operario para realizar el mejor trabajo posible.

El porcentaje de materia prima de estas telas es de un 80% aprox. de Nylon y un 20% de Lycra. Estas telas son utilizadas en la confección de ropa interior, para prendas de control, como forros de otras prendas, etc. Debido a la finalidad con que estas telas son utilizadas, es de gran importancia garantizarle al cliente las especificaciones técnicas con las cuales esta tela les fue ofrecida. El control de calidad que se realiza en las telas tiene que ver con las elongaciones a lo ancho como a lo largo, y estas, deben cumplir con unos rangos máximos y mínimos.

En el momento se puede encontrar en el mercado máquinas de teñir del tipo Jigger que satisfacen plenamente la necesidades que tiene la empresa, los principales productores se encuentran en Europa, siendo sus mejores exponentes la maquinaria textil de Alemania, Suiza, Italia y España entre otros. El costo de este tipo de maquinaria oscila entre 120 y 180 millones de pesos, sin contar con el costo de transporte e importación. Esta inversión para una Pyme, es considerada como alta, y la proyección de inversión de la Fábrica de Telas Elásticas s.a. que asigna para cada año no alcanza a cubrir este tipo de costo. Por esto y los anteriores argumentos se considero en desarrollar este proyecto, que consiste en diseñar una máquina del tipo Jigger, pues considerando proporciones, se estima que el montaje de esta máquina con la consecución de los materiales con proveedores nacionales, puede estar por el orden de los 50 millones de pesos, este sería un valor considerable para las aspiraciones de la empresa.

1. PLANTEAMIENTO DE LA MISION

Luego de planteados los objetivos y tener un conocimiento previo de lo que se desea desarrollar como proyecto para la empresa Fabrica de Telas Elásticas S.A. Iniciamos con el planteamiento de la misión, como primer paso dentro de las etapas de un diseño concurrente y estructurado.

1.1. Descripción del producto

Equipo para teñir telas a presión atmosférica y una temperatura máxima de trabajo entre 80 y 120 °C.

1.2. Principales objetivos de marketing

Introducción en el segundo trimestre del 2008.
15% de margen de ganancia.

1.3. Mercado objetivo

- **Mercado primario**

Fabrica de Telas Elásticas S.A.

- **Mercado secundario**

Medianas y grandes empresas del sector textil.

1.4. Premisas y restricciones

- El diseño de la máquina debe estar terminado para agosto del 2007.
- La máquina debe contar con partes de consecución nacional.

1.5. Partes implicadas

- Usuarios.
- Proveedores nacionales.
- Personal de investigación.
- Departamento legal.
- Director de pasantía.

Figura 1. Esquema de las mejores máquinas del tipo Jigger que se pueden encontrar en el mercado.



2. PLANTEAMIENTO DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE.

2.1. IDENTIFICACION DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE

Las siguientes necesidades se identificaron luego de tener una experiencia directa con el proceso de producción de teñir la tela en la Fabrica de Telas Elásticas S.A., también se encontraron otras necesidades a partir de la entrevista que se realizó con el gerente general de la fábrica, luego se continuo con las preguntas hechas a los operarios, quienes llevan años trabajando con este tipo de maquinaria textil; esto arrojó como resultado 17 aspectos relevantes a considerar en el diseño de una máquina de teñir tela del tipo Jigger, que cumpla con las exigencias actuales, acomodándose tanto a las necesidades del cliente como al costo que estaría dispuesto a pagar el cliente por una máquina de este tipo.

Después de seguir el método propuesto en el curso de Diseño Mecatrónico y luego de un refinamiento del lenguaje y una pequeña depuración se obtuvo las siguientes necesidades.

Tabla 1. Establecimiento de las necesidades del cliente.

SUBGRUPO	#	PLANTEAMIENTO DEL CLIENTE	PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD	IMP
Diseño	1	¿Porque no evita la perdida de vapor?	La máquina está diseñada para evitar la pérdida de vapor	5
	2	Me gustaría poner a trabajar la máquina a 2 turnos	La máquina está diseñada para un trabajo fuerte	5
	3	Me gustaría que la máquina procesara grandes volúmenes de tela en un mismo ciclo	La máquina está diseñada para manejar medianos y grandes volúmenes de trabajo	5

Automatización	4	Desearía una máquina que contamine poco	La máquina es amigable con el medio ambiente	5
	5	Me gustaría no tener que ver tanto en el proceso	La máquina es totalmente automatizada	5
	6	¿Se podrá disminuir el ciclo de trabajo?	La máquina reducirá el ciclo de trabajo	5
	7	Deseamos que se elimine el exceso de tensión en los tejidos	La máquina eliminara excesos de tensión	5
	8	Me gustaría conocer en qué etapa del proceso se encuentra el tejido	La máquina indica las etapas del proceso	5
	9	Sería ideal que cualquier operario la pudiera manejar	La máquina es de fácil manejo	5
Reparación y Mantenimiento	10	Sería bueno que el teñido en el tejido sea homogéneo desde el principio al fin	La máquina garantizara la homogeneidad del teñido	5
	11	Desearíamos que el costo de esta máquina fuese bajo	La máquina será de bajo costo.	4
	12	Después de un tiempo no me gustaría invertir mucho dinero en mantenimiento y reparación	La máquina será de bajo mantenimiento	4
	13	Desearía darme cuenta fácilmente de algún daño en la máquina	La máquina tendrá señales de seguridad	3

Seguridad	14	Desearía que la máquina produjera poco ruido	La máquina maneja niveles de ruido dentro del rango permitido	3
	15	La máquina posee protección contra problemas eléctricos	La máquina tendrá un robusto sistema de protección	3
	16	Me preocupa que los trabajadores dañen la máquina	La máquina tendrá soporte técnico	3
Aspecto	17	Me gustaría que la máquina tuviera un diseño agradable a la vista	La máquina posee un aspecto agradable a la vista	2

3. ESPECIFICACIONES PRELIMINARES DEL DISPOSITIVO

Luego de haber seguido el método propuesto en el curso de Diseño Mecatrónico, entre otros HOQ (House Of Quality), se llegó a las siguientes especificaciones preliminares; base indispensable para la continuación del siguiente punto de este trabajo. (Ver tablas de aplicación y desarrollo del método HOQ implementadas para este proyecto en el anexo A).

Tabla 2. Especificaciones preliminares del dispositivo.

#	Métrica	Unidad	Valor
1	Rango de velocidad de trabajo	(m/s)	20-120
2	Rango de capacidad de carga de trabajo	(Kg.)	>250
3	Rango de ruido	(db)	<25
4	El aspecto de la máquina	Lista 1.	Agradable
5	La confiabilidad de la máquina	Lista 2.	Alta
6	Rango de temperatura de trabajo	(°C)	20-100
7	Rango del ciclo de trabajo	(min.)	<90
8	Capacidad de trabajo continuo	(horas)	8-24
9	Nivel de seguridad	Lista 2.	Alta
10	Costo por unidad de producción	\$Pesos	<20000
11	Espacio de trabajo	WxHxL (m)	1.8*2.5*2.8
12	Rango de desechos sólidos	(gr.)	<50
13	Costo de reparación y Mantenimiento	Lista 3.	Bajo
14	Rango de transmisión de potencia	Kw.	<5.5

Conclusión: Después de aplicar el método HOQ se obtuvieron las especificaciones preliminares finales que el dispositivo debe cumplir, y hacia donde se debe enfocar esfuerzos en el diseño.

4. GENERACION DE CONCEPTOS

En este punto del diseño se generaran varios conceptos a partir de las especificaciones preliminares del dispositivo que ese obtuvieron en el capitulo anterior.

4.1. CLARIFICACION DEL PROBLEMA

4.1.1. Descripción del producto. Diseño de máquina para teñir tela a presión atmosférica y temperatura entre 20-100 °C

❖ **Necesidades:**

- Evitar la pérdida de vapor
- Para trabajo fuerte
- Maneja grandes y medianos volúmenes de trabajo
- Es amigable con el medio ambiente
- Es totalmente automatizada
- Optimizara el proceso
- Reducirá el ciclo de trabajo
- Evite excesos de tensión
- Indica las etapas del proceso
- De manejo fácil
- Mayor homogeneidad del teñido
- Diseñada con partes nacionales
- Diseñada para una larga vida
- Sistema de seguridad
- Manejara bajos niveles de ruido
- Es robusta frente a problemas eléctricos
- Cuenta con soporte técnico
- Es de aspecto agradable

❖ **Especificaciones:**

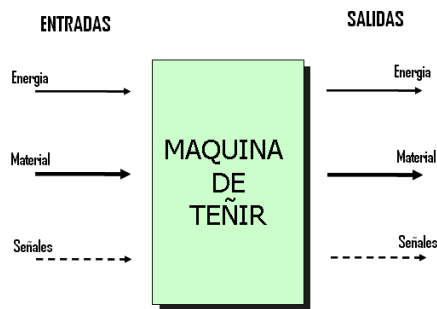
- Velocidad de trabajo de 20-120 m/s.
- Capacidad de carga de trabajo de 200-300 Kg.
- Ruido producido <25 db.
- Temperatura de trabajo 20-100 °C.
- Duración del ciclo de trabajo <90 min.
- Cantidad de trabajo continuo 8-24 horas.

- Espacio de trabajo 1.8*2.4*2.8 W*H*L.

La caja negra semeja todo el sistema en conjunto del sistema donde las entradas se representan según sus propiedades en uno de los tres grupos: energía, material y señales.

4.2. CAJA NEGRA

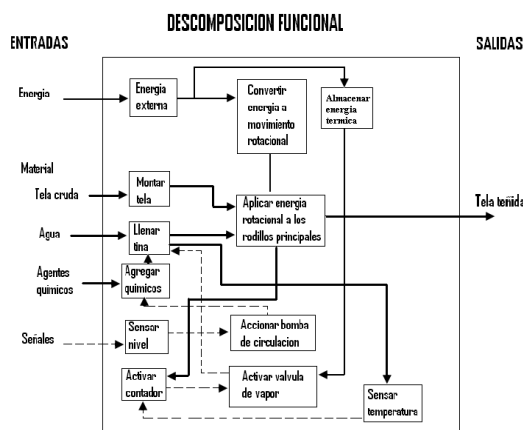
Figura 2. Representación de la caja negra con sus entradas y salidas respectivamente.



- **Energía:** son todas aquellas fuentes de energía que ingresan al sistema, ya sea mecánica, eléctrica, química, nuclear, etc.
- **Material:** es todo aquel producto orgánico o inorgánico que se introduce en el sistema para ser transformado en un producto final. Ej. Materia prima.
- **Señales:** son todas aquellas acciones de control que se deban ejecutar antes, durante y que finalmente se obtienen al final del proceso. Estas señales pueden ser acciones mecánicas o eléctricas. Ej. Encendido de la máquina.

4.2.1. Descomposición funcional. En la figura 3 se ve más desagregado lo que era inicialmente la caja negra; en general se ve las interacciones de algunas acciones del proceso de teñir tela.

Figura 3. Descomposición funcional de la caja negra.



4.3. EXPLORACION SISTEMATIZADA

4.3.1. Árbol de clasificación de los conceptos. A continuación se nombrarán las diferentes ideas que resultaron de la generación de conceptos para cada subfunción.

❖ Subfunciones

- **Energía**
- **Energía Externa**

Celdas solares
Quemadores
Reacción química
Vapor saturado
Batería
Eléctrica
Hidráulica
Neumática
Eólica

- **Convertir energía a movimiento rotacional**

Motor rotatorio con transmisión

Molino

Máquina de vapor y aspas
Palanca mecánica1.

- **Almacenar energía térmica**

Celdas de carga
Tubería válvula
Horno térmico

- **Materiales**

Montar tela
Diferencial y cadenas
Manual
Tracción de un rodillo principal

- **Aplicar energía rotacional a los**

- rodillos principales**

- Caja de engranes
 - Biela y cigüeñal
 - Impactos continuos
 - Empuje

- **Llenar tina**

- Forma manual
 - Cubetas
 - Manguera
 - Tubería válvula
 - Manualmente
 - Por manguera
 - Por compresión
 - Por gravedad
 - Bomba de circulación

- **Señales**

- **Sensar nivel**

- Sensor de movimiento
 - Sensor on-off

Sensor infrarrojo

Sensor láser

Por conductividad dieléctrica

- **Accionar bomba de circulación**

- Manualmente
 - Señal eléctrica
 - Señal electrónica

- **Activar contador**

- Pulso electrónico
 - Manualmente
 - Obturador

- **Activar válvula de vapor**

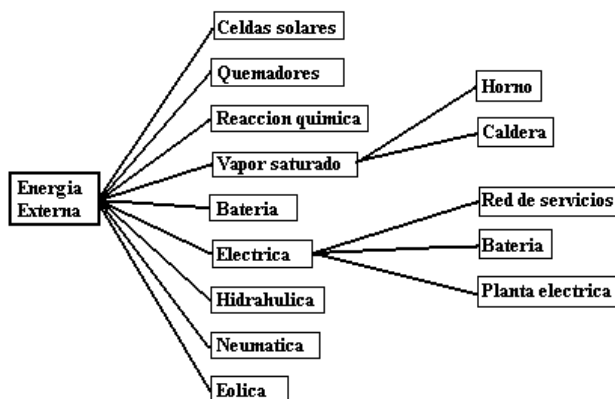
- Electro válvula
 - Válvula manual
 - Válvula mecánica
 - Solenoid

- **Sensar temperatura**

- Material dieléctrico
 - Termocupla
 - Termómetro

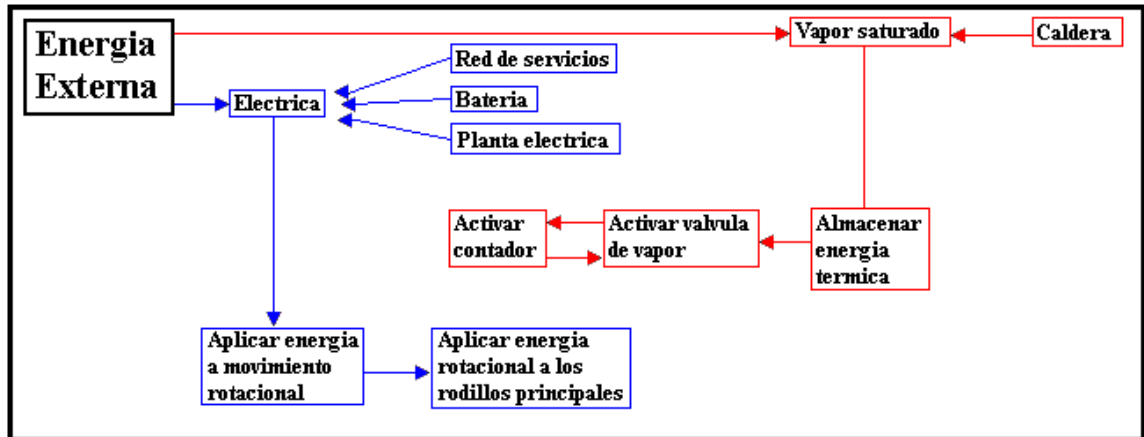
4.3.2. Árbol de clasificación ramificada

Figura 4. Diagrama que representa el flujo de energía externa de forma ramificada.



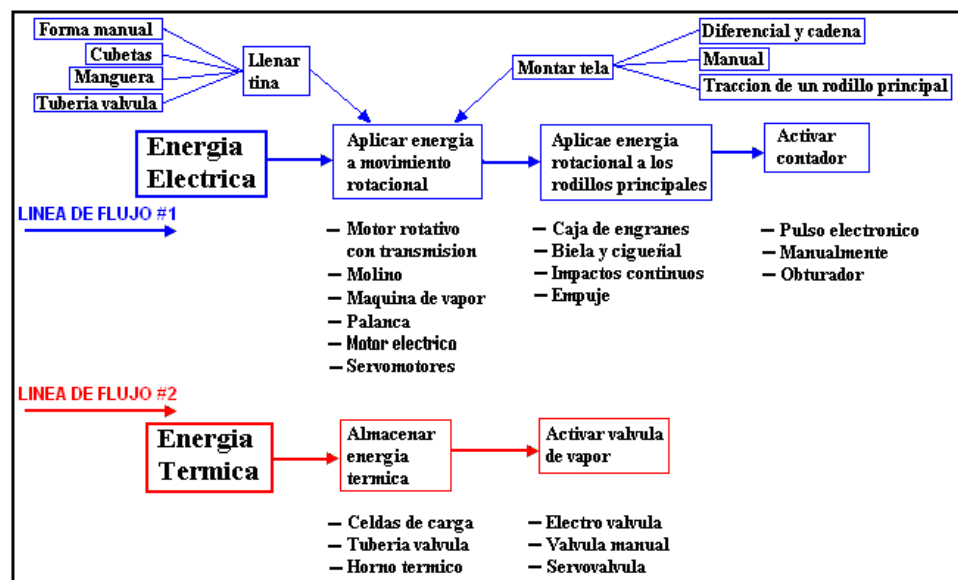
4.3.3. Refinamiento de la descomposición.

Figura 5. Diagrama de las dos líneas de flujo para la “Energía Externa”.



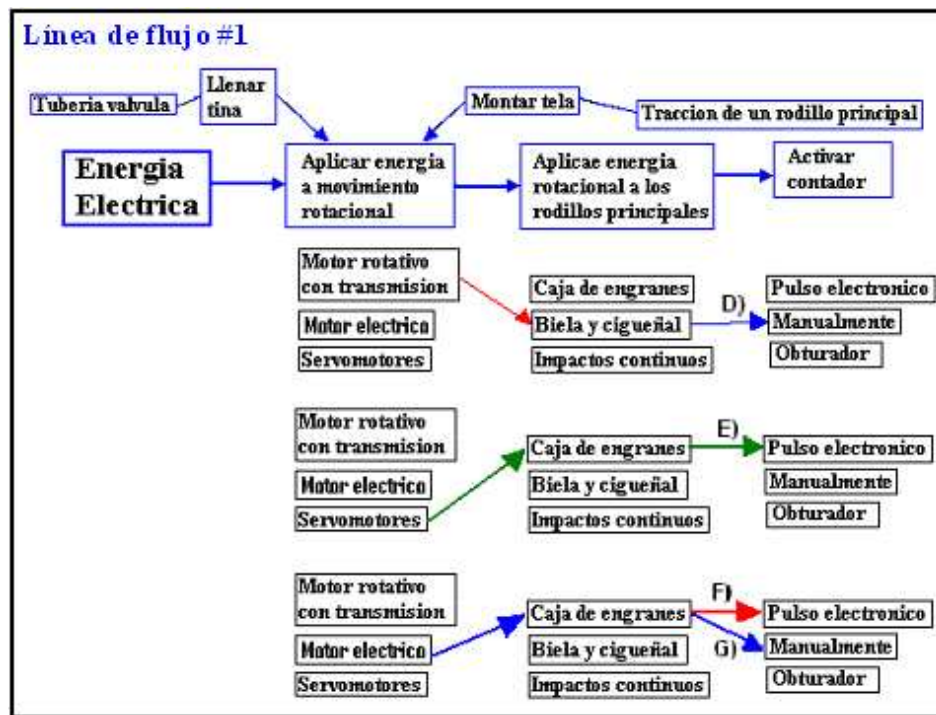
4.3.4. Ramificación de las energías con sus respectivos conceptos.

Figura 6. Representación de las dos líneas de flujo para la “Energía Externa” con sus respectivos conceptos por cada subconjunto.



En la figura 6 se presentan las dos líneas de flujo principales, tratando de poner en lo posible el mayor número de temas definidos como la columna vertebral del funcionamiento de la máquina de teñir del tipo Jigger.

Figura 7. Ramificacion de la energia electrica.



Como se puede ver en la figura 7 de la línea de **flujo #1** resultaron varios conceptos, pero en la tercera columna como se puede observar descartamos de plano el obturador como modo de activar el contador considerando para esto la disponibilidad tecnológica que existe hoy en día.

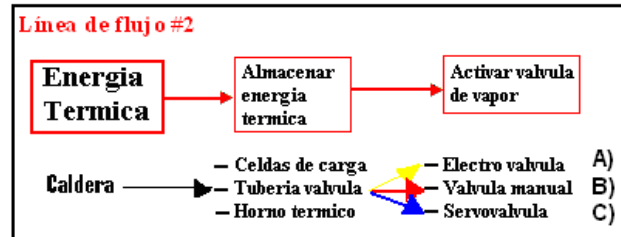
Conceptos:

- | | |
|---|--|
| D) Motor rotativo con transmisión, biela y cigüeñal, manualmente. | F) Motor eléctrico, caja de engranes, pulso electrónico. |
| E) Servomotor, caja de engranes, pulso electrónico. | G) Motor eléctrico, caja de engranes, manualmente. |

4.3.5. Segunda línea de flujo con sus respectivas combinaciones. En este caso pueden salir varios conceptos pero basándonos en experiencia propia, documentos, patentes y estudios de los productos competidores; clarificamos como una opción real que la energía térmica llegara a la máquina de teñir por

medio de una red de tuberías, que a su vez lo almacena y contiene mientras una válvula controla la salida de este.

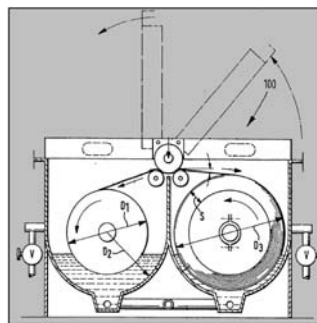
Figura 8. Representacion de la linea de flujo #2.



Conceptos: A continuación se listan los tres principales conceptos que resultaron de la anterior línea de flujo para energía térmica, como posible fuente de energía para el calentamiento del agua dentro del Jigger; estos conceptos luego serán llevados a una tabla para aplicar el método del Tamizaje y de este modo seleccionar el concepto más favorable.

- A) Caldera, tubería válvula, electroválvula
- B) Caldera, tubería válvula, válvula manual
- C) Caldera, tubería válvula, servoválvula

Figura 9. Esquema de una máquina de teñir que posee algunos de los conceptos generados anteriormente.



Conclusión: Para la línea de **flujo #2** se seleccionaron tres conceptos A, B y C; luego para la línea de **flujo #1** se selecciono cuatro conceptos D, E, F y G. Ahora estos 7 conceptos se evaluarán por separado para descartar inicialmente algún concepto que se haya tenido en cuenta; y teniendo claro que de los conceptos generados por cada línea de flujo, se deberán combinar entre ellos para evaluarlos como un todo.

5. SELECCIÓN DE CONCEPTOS

5.1. APLICACIÓN DEL METODO DE TAMIZAJE

En la tabla 3 se evaluarán los diferentes conceptos obtenidos anteriormente respecto a una referencia, en este caso la referencia a tomar será una máquina de última generación, que cumple con todas las prestaciones requeridas por el cliente, una máquina similar a la mostrada en la figura 10. Todo concepto que al ser evaluado cumpla por encima de las expectativas de su símil en la máquina de referencia será calificado con un +, si por el contrario cumple sus funciones por debajo del rendimiento de su símil de la máquina de referencia, será calificado con un -, al final de la evaluación se sumarán sus + y - para determinar cual concepto tiene el mayor número de puntos positivos.

Tabla 3. Método de Tamizaje para las variantes de conceptos.

Criterio selección	Variantes de conceptos							
	de	A	B	C	D	E	F	G REF
trabajo fuerte		0	-	0	-	+	+	- 0
volúmenes de trabajo		0	0	0	0	0	0	0 0
automatización		0	-	0	-	+	+	- 0
optimización		0	-	+	-	0	0	- 0
ciclo de trabajo		0	-	0	-	0	0	- 0
manejo		0	-	0	-	0	0	- 0
partes nacionales		+	+	+	+	+	+	+
costo de manufactura		0	0	0	-	-	0	- 0
seguridad		0	-	0	-	0	0	- 0
exceso de tensión		0	0	0	0	+	0	0 0
Positivos		1	1	2	1	4	3	1
Iguales		9	2	8	1	6	7	1
Negativos		0	7	0	8	1	0	8
Total		1	-6	2	-7	3	3	-7

Orden	2	3	1	4	1	1	3
¿Continuar?	No	No	Si.	No	Comb.	Comb.	No

Tamizaje

+: mejor que...(la referencia)

0: igual a...

–: peor que...

Evaluación

- 1: Mucho peor que...
- 2: Peor que...
- 3: igual a...
- 4: Mejor que...
- 5: Mucho mejor que

El método del Tamizaje arrojó como resultado que los concepto C es el sobresaliente de la línea de **flujo #2**, y los conceptos E y F de la línea de flujo de la línea de **flujo #1** deben combinarse con el concepto C para determinar cuál de los dos favorece mas para el diseño final.

Referencia: **JIGGER (BENE) 2000 MM.** Jigger marca Bene, ancho mesa 2000 mm. Capacidad 300 Kg. Microprocesador. Valvuleria completamente automática. Deposito de añadidos con agitador. Bomba de circulación, baño y enrollador para carro bota. Año 1990.

Figura 10. Máquina del tipo Jigger año 1990.



5.2. COMBINACION DE CONCEPTOS

Tabla 4. Evaluación de la combinación de los conceptos.

			Variantes de conceptos					
Criterio de selección	de	%	Ref.		CE		CF	
			No ta	Criteri o	No ta	Criteri o	No ta	Criteri o
		Pon d.		ponde rado		ponder ado		ponde rado
trabajo fuerte		10	3	0.3	3	0.3	3	0.3
volúmenes de trabajo		10	3	0.3	3	0.3	3	0.3
automatización		10	3	0.3	3	0.3	3	0.3
optimización		15	3	0.3	3	0.3	3	0.3
ciclo de trabajo		10	3	0.3	3	0.3	3	0.3
manejo		10	3	0.3	3	0.3	3	0.3
partes nacionales		10	3	0.3	4	0.4	4	0.4
costo de manufactura		10	3	0.3	2	0.2	2	0.2
seguridad		10	3	0.3	3	0.3	3	0.3
exceso de tensión		5	3	0.3	4	0.4	3	0.3
Total			3.0		3.1		3.0	
orden			2		1		2	
¿Continuar?					si			

Como podemos observar el total ponderado de cada concepto no sobresale sobre otro, y comparado con la referencia podemos decir que son muy similares.

Los valores que arroja este ejercicio de selección son concurrentes debido a que nuestro diseño está basado en conceptos tomados de productos del mercado, de acuerdo a esto, las combinaciones cumplen con las necesidades del cliente, excepto en el costo por unidad.

5.3. VARIANTE DE CRITERIO DE SELECCIÓN

Tabla 5. Evaluación de la combinación de los conceptos con variante en los porcentajes ponderados de referencia. Este ejercicio arroja un concepto que sobresale sobre los demás.

			Variantes de conceptos					
			Ref.		CE		CF	
Criterio de selección	de	%	Nota	Criterio	Nota	Criterio	Nota	Criterio
		Pond.		Pond.		Pond.		Pond.
trabajo fuerte		10	3	0.3	3	0.3	3	0.3
volúmenes de trabajo		5	3	0.15	3	0.15	3	0.15
automatización		10	3	0.3	3	0.3	3	0.3
optimización		10	3	0.3	3	0.3	3	0.3
ciclo de trabajo		5	3	0.15	3	0.15	3	0.15
manejo		10	3	0.3	3	0.3	3	0.3
partes nacionales		10	3	0.3	4	0.4	4	0.4
costo de manufactura		15	3	0.45	3	0.3	2	0.3
seguridad		5	3	0.15	3	0.15	3	0.15
exceso de tensión		20	3	0.6	4	0.8	3	0.6
Total			3.0		3.3		2.95	
orden			2		1		3	
¿Continuar?			no		si		no	

A modo de corroborar los datos obtenidos en la tabla #4 de variantes de conceptos, realizamos otra tabla 5 con ciertos cambios en el valor porcentual de los criterios de selección y observamos que un concepto sobresale un poco sobre los otros, este concepto (CE) será la pauta para las siguientes etapas del diseño.

6. PRUEBA DE CONCEPTOS

6.1. METODO DE LA PRUEBA DE CONCEPTOS

➤ **Propósito de la prueba**

Encontrar fortalezas o debilidades respecto a la orientación del diseño.

Recibir aportes novedosos, o inquietudes.

Entablar una comunicación directa con el cliente, técnicos y posteriores operarios.

➤ **Población a encuestar**

Técnicos en maquinaria textil

Personas vinculadas a la industria textil.

Operarios que trabajan en la sección de tintorería de la Fabrica de Telas Elásticas S.A.

➤ **Forma de la encuesta**

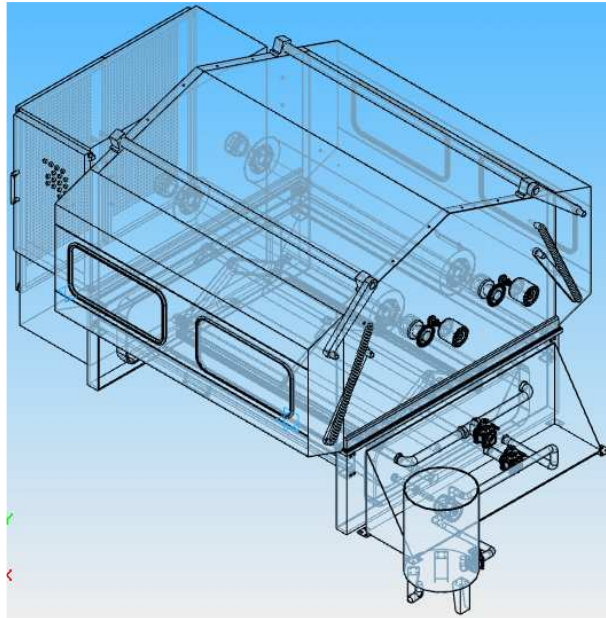
Entrevistas personales

➤ **Descripción verbal del concepto**

- Máquina para teñir tela a presión atmosférica y temperatura entre 20-100 °c.
- Diseño robusto, fácil manejo, con dosificador de productos químicos, carcasa hermética para mayor retención del calor y mejor acabado del teñido.
- Velocidad de trabajo entre 5-110 m/min.
- Capacidad de carga entre 100 y 300 kilogramos de tela.
- Regulación de la velocidad de los rodillos principales.
- Evitara excesos de tensión en el tejido.
- Tendrá un costo bajo, comparado con sus similares del mercado.

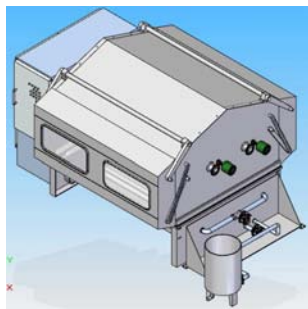
- **Croquis.**

Figura 11. Vista isométrica.



Renderizado y modelo 3D

Figura 12. Modelo 3D diseñado en el programa Solid Edge Vs. Foto de la maquina referencia



6.2. FORMATO DE LA ENCUESTA

En este formato se plantean los interrogantes más comunes y de mayor relevancia del diseño de la maquina, así como de su funcionamiento y el costo que puede

alcanzar; y en un segundo plano se considera también el aspecto físico y la facilidad de manejo.

El formato de la encuesta completo se encuentra en el **Anexo F**.

6.3. RESULTADOS DE LA ENCUESTA

La encuesta arrojó como resultado, la clara aceptación de la propuesta de diseño de la máquina con todas sus prestaciones incluidas e incluso la consideración de su aspecto exterior, costo y otros.

6.3.1. Especificaciones finales obtenidas después de la prueba de conceptos.

➤ Necesidades:

- Evitar la pérdida de vapor
- Para trabajo fuerte
- Maneja grandes y medianos volúmenes de trabajo
- Es amigable con el medio ambiente
- Es totalmente automatizada
- Optimizará el proceso
- Reducirá el ciclo de trabajo
- Evite excesos de tensión
- Indica las etapas del proceso
- De manejo fácil
- Mayor homogeneidad del teñido
- Diseñada con partes nacionales
- Diseñada para una larga vida
- Sistema de seguridad
- Manejara bajos niveles de ruido
- Es robusta frente a problemas eléctricos
- Cuenta con soporte técnico
- Es de aspecto agradable

➤ Especificaciones:

- Velocidad de trabajo de 20-120 m/s.
- Capacidad de carga de trabajo de 200-300 Kg.
- Ruido producido <25 db.
- Temperatura de trabajo 20-100 ºC.
- Duración del ciclo de trabajo <90 min.
- Cantidad de trabajo continuo 8-24 horas.
- Espacio de trabajo 1.8*2.4*2.8 W*H*L
- Potencia transmitida 5.5 Kw.

7. ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

La arquitectura de productos tiene una gran implicación en el proceso de diseño, pues en él se muestra un arreglo funcional de los elementos tangibles e intangibles que hacen parte del producto. Es necesario entonces seguir un método estructurado que permita establecer la arquitectura del producto. Se propone entonces un método de cuatro pasos (Ulrich) que son:

- Crear un esquema del producto
- Agrupar los elementos del esquema en clúster
- Esbozar la distribución geométrica de las piezas
- Identificar las interacciones incidentales y fundamentales.

En el siguiente diagrama se especifican los elementos funcionales y conceptuales que serán tenidos en cuenta en el esquema final del producto. Estos elementos atienden a una selección por parte del diseñador que los consideró los más importantes debido a la función que se especifica llevan a cabo.

7.1. DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

7.1.1. Elementos físicos Vs. Elementos funcionales (Arquitectura Modular).

En este punto se realiza una lista de los elementos físicos más destacables de la máquina; frente a una lista de las funciones que estos elementos físicos deben realizar donde el proceso de teñido.

En este esquema cada elemento funcional corresponde a un elemento físico, es decir, una relación uno a uno. Este es el principal atributo que caracteriza a una arquitectura Modular.

Figura 13. Punto de comparación para corroborar los elementos físicos y funcionales



Figura 14. Relación de los elementos físicos con los elementos funcionales de la máquina para una arquitectura modular.

Elementos físicos (conjuntos)	Elementos funcionales (funciones)
1) Soporte estructural.	Dar soporte mecánico a la estructura.
2) Carcasa o cubierta.	Mantener y conservar la temperatura.
3) tina.	Contener la mezcla.
4) Rodillos auxiliares.	Mantener tensionado el tejido durante el recorrido.
5) Estructura de seguimiento.	Evitar arrugas o pliegues y mantener la tela desplegada a lo ancho.
6) Rodillos principales.	Enrollar y desenrollar la tela.
7) Tubería y válvula de vapor.	Contener y controlar el acceso del vapor a la mezcla.
8) Tubería de agentes químicos.	Transportar los agentes químicos.
9) Tubería y válvula de agua.	Contener y controlar el acceso del agua a la tina.
10) Ductos y válvula de desagüe.	Evacuación de los residuos del proceso.
11) Armario de maniobra eléctrica.	Proteger y contener todos los elementos eléctricos, electrónicos y de control.
12) Tablero de control.	Control manual durante el proceso.
13) Panel y pantalla de programación.	Interfaze hombre maquina al inicio del proceso.
14) Baliza.	Indicar inicio del proceso y errores eléctricos y/o hidráulicos.
15) Tanque de dosificación.	Almacenar y contener los agentes químicos hasta el momento de introducción de la mezcla.
16) Bomba de recirculación.	Mantener homogénea la mezcla.
17) Trampa o filtro de impurezas.	Atrapar impurezas de la mezcla.
18) Motores AC principales.	Transmisión de potencia a los ejes principales.
19) Motores compuerta de acceso.	Abrir y cerrar compuerta de acceso.
20) Sensores de temperatura.	Sensar la temperatura de trabajo.
21) Sensores de carga.	Sensar la carga de trabajo.
22) Sensores de nivel.	Sensar el nivel de la mezcla.
23) Sensores de final de carrera	Sensar apertura o cierre de la compuerta de acceso.

7.1.2. Elementos físicos Vs. Elementos funcionales- (Arquitectura Integral).

Figura 15. Relación entre los elementos físicos y los elementos funcionales para una arquitectura integral.

Elementos físicos (conjuntos)	Elementos funcionales (funciones)
1) Soporte estructural.	1,2,3 Dar soporte mecánico a la estructura.
2) Carcasa o cubierta.	2,7,20 Mantener y conservar la temperatura.
3) Tina.	3,8,15 Contener la mezcla.
4) Rodillos auxiliares.	4,5,6,18,21 Mantener tensionado el tejido durante el recorrido.
5) Estructura de seguimiento.	4,5,6,18 Evitar arrugas o pliegues y mantener la tela desplegada a lo ancho.
6) Rodillos principales.	6,11,18,21 Enrollar y desenrollar la tela.
7) Tubería y válvula de vapor.	7,11,20 Contener y controlar el acceso del vapor a la mezcla.
8) Tubería de agentes químicos.	8,11,16,17 Transportar los agentes químicos.
9) Tubería y válvula de agua.	9,10,11,12,22 Contener y controlar el acceso del agua a la tina.
10) Ductos y válvula de desagüe.	10,11,12,13,22 Evacuación de los residuos del proceso.
11) Armario de maniobra eléctrica.	11 Proteger y contener todos los elementos eléctricos, electrónicos y de control.
12) Tablero de control.	11,12 Control manual durante el proceso.
13) Panel y pantalla de programación.	11,12,13,14 Interface hombre maquina al inicio del proceso.
14) Baliza.	11,14 Indicar inicio del proceso y errores eléctricos y/o hidráulicos.
15) Tanque de dosificación.	8,11,15,16 Almacenar y contener los agentes químicos hasta el momento de introducción de la mezcla.
16) Bomba de recirculación.	9,11,16,17 Mantener homogénea la mezcla.
17) Trampa o filtro de impurezas.	8,16,17 Atrapar impurezas de la mezcla.
18) Motores AC principales.	1,6,11,12,18,21 Transmisión de potencia a los ejes principales.
19) Motores compuerta de acceso.	11,12,19 Abrir y cerrar compuerta de acceso.
20) Sensores de temperatura.	11,20 Sensar la temperatura de trabajo.
21) Sensores de carga.	11,21 Sensar la carga de trabajo.
22) Sensores de nivel.	11,22 Sensar el nivel de la mezcla.
23) Sensores de final de carrera.	11,23 Sensar apertura o cierre de la compuerta de acceso.

Tomando los elementos físicos del punto anterior se confrontan con los elementos funcionales en una arquitectura integral. Este tipo de arquitectura se caracteriza por que las funciones tienen que ver con más de un elemento.

Este ejercicio de confrontar los elementos físicos con los elementos funcionales se realiza para entender cómo interactúan los elementos juntos en el producto como un sistema, y de este modo tomar la decisión de cual arquitectura se debe elegir para continuar el diseño con dicha arquitectura. Para esto también se debe tener en cuenta el nivel tecnológico a disposición, tiempo para el desarrollo del producto, y entre otras el capital con que se cuenta.

7.1.3. Selección de la arquitectura del producto. Al final, y después de responder los siguientes títulos se tendrá más claro la decisión de qué tipo de arquitectura implementar en el diseño.

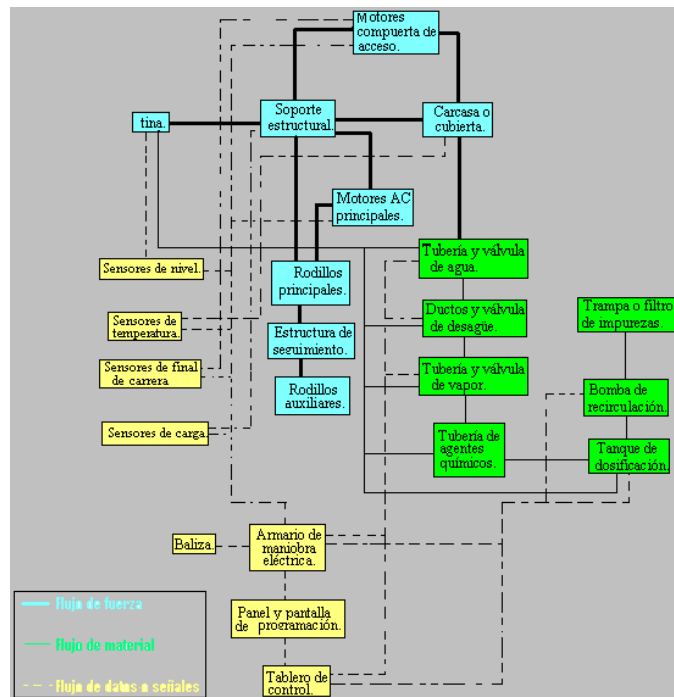
- **Cambios en el producto:** El diseño de la máquina está pensado con el fin de que pueda ser posteriormente actualizada, modificada o recambio de algunos de sus componentes por cumplir con su vida útil, por ejemplo, los motores y drives de accionamiento de los ejes principales, la Interfase hombre máquina, los módulos de entradas y salidas para el PLC; entre otras.
- **Variedad del producto:** El diseño de la máquina fue concebida con el propósito de que con la modificación de algunos elementos (tamaño, tipo, etc.) pueda cumplir con otras necesidades como reducir costos, o la necesidad de una máquina para una capacidad de carga menor.
- **Estandarización de componentes:** El concepto básico de diseño y funcionalidad se conservara en diferentes gamas del producto, porque es claro que durante décadas de años desde inclusive la concepción de esta máquina su diseño mecánico a cambiado muy poco, de pronto se nota más claro en cuanto a la selección de los materiales y la minimización de sus componentes, dejando atrás la robustez y el sobre diseño a que eran sometidas estas máquinas, por un aspecto más cómodo, agradable, funcional y versátil para las tendencias a que lo ha llevado la evolución de la industria.
- **Desempeño del producto:** La máquina está diseñada para ofrecer todos los servicios que el cliente planteo como sus necesidades al inicio de este proyecto. Está diseñada para trabajar jornadas completas.
- **Manufacturabilidad:** El diseño de la máquina no tiene elementos de difícil realización o que no puedan ser hechas por la industria manufacturera de la región, pues su concepto es básico y nada complejo.
- **Conclusión:** Después de responder a los anteriores ítems respecto a

qué tipo de arquitectura se va a implementar, se concluyó que una arquitectura modular es la más apropiada al tipo de diseño, a la tecnología utilizada, los recursos económicos disponibles entre otras.

7.2. ESTABLECIMIENTO DE UNA ARQUITECTURA MODULAR

7.2.1. Esquema de una máquina de teñir del tipo Jigger. En la figura 16 se muestra como interactúa el flujo de fuerzas, materiales y señales como un sistema completo y funcional. En el esquema se encuentran desagregados los elementos físicos los cuales están relacionados por su respectiva línea de flujo. Esto se realiza con el fin de identificar grupos funcionales, y de este modo agruparlos.

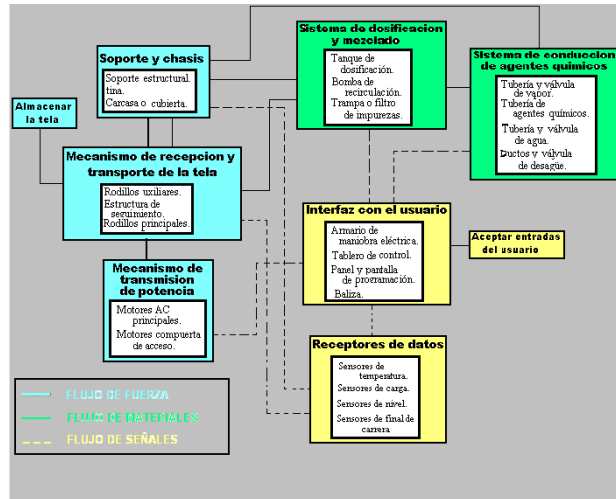
Figura 16. Relación de los elementos físicos dentro del sistema.



7.2.2. Agrupación de elementos a clúster. En la figura 17 se aprecia que los elementos físicos que anteriormente estaban independientes, ahora hacen parte de un conjunto o clúster, es decir, se reúnen elementos físicos que se identifican con una función específica dentro del sistema funcional. Este ejercicio de agrupar los elementos ayuda a clarificar módulos funcionales, además de entender cómo se distribuyen los elementos dentro del sistema; porque están en determinada ubicación, que función cumplen individual y colectivamente. Esto con el fin

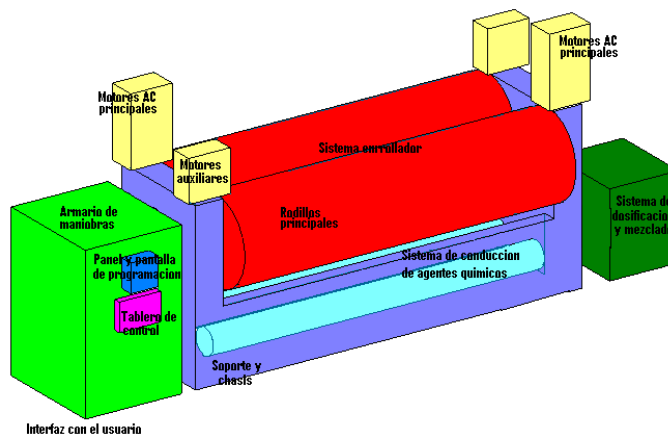
encontrar más fácilmente soluciones a problemas, o en otros casos reemplazar una pieza por otra debido a algún motivo en especial.

Figura 17. Agrupación de los elementos físicos en clústeres.



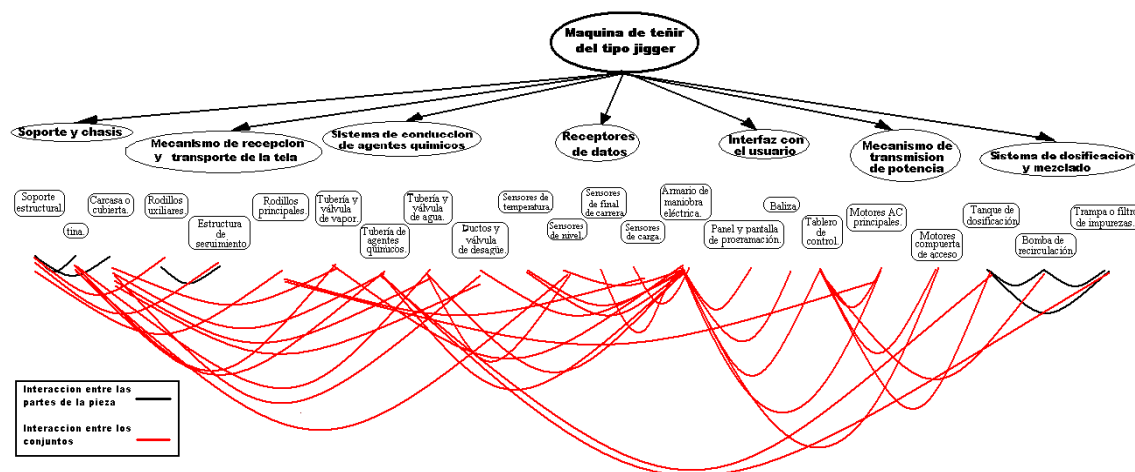
7.2.3. Distribución geométrica de los componentes (Layout). Esta distribución geométrica (Layout) figura 18, muestra la ubicación de los grandes grupos funcionales del sistema; esta distribución geométrica además sirve para encontrar espacios dentro de la maquina que no están siendo ocupados por otros elementos, o quizás encontrar espacios que puedan ser ocupados. También se identifica cuales son los grupos que mas ocupan espacio, y evaluar si este espacio es justificado para la función de estos elementos.

Figura 18. Distribución geométrica (Layout) de los grupos o clústeres.



7.2.4. Interacciones fundamentales e incidentales. La figura 19 muestra de forma jerárquica los elementos que pertenecen a cada grupo y las relaciones fundamentales entre ellos.

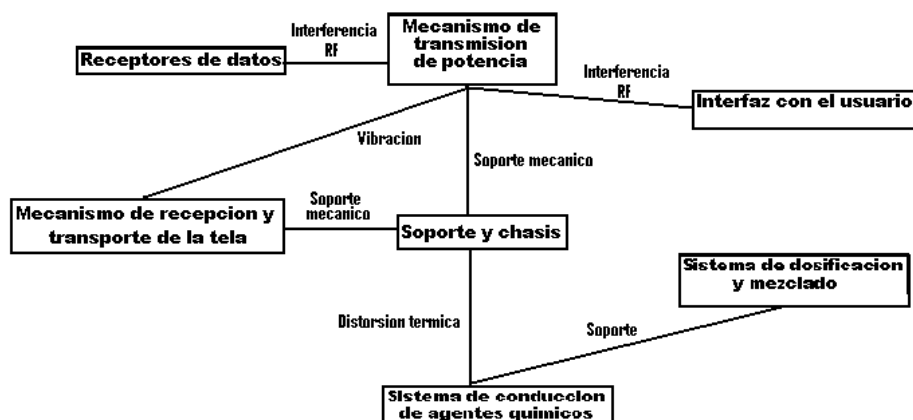
Figura 19. Interacciones fundamentales entre elementos de diferentes grupos.



• **Interacciones incidentales.** En la figura 20 se puede apreciar las interacciones incidentales que se pueden presentar entre los diferentes grupos.

Están interacciones se deben de tener en cuenta por motivos de diseño, y para que de algún modo se puedan prever inconvenientes o minimizar en lo posible las alteraciones que puede ocasionar en el buen funcionamiento de la máquina.

Figura 20. Interacciones incidentales entre los grupos.



7.3. ASIGNACION DEL SISTEMA AL GRUPO DE DESARROLLO BASADO EN LA AP

Según metodología vista en el curso de diseño mecatrónico; la siguiente tabla 6 muestra como fue concebida la distribución del trabajo del diseño de la maquina. Primero se listan los elementos físicos del sistema de modo que queden organizados consecutivamente de tal forma que conformen grupos ingenieriles, es decir, en este caso en particular los elementos se agruparon en tres grandes grupos: elementos mecánicos, elementos electrónicos y de control y por ultimo elementos eléctricos e instrumentación. El grupo encargado del diseño industrial trabaja paralelamente con todos los grupos. Los colores representan cada grupo que conforman un arreglo matricial. Entre grupo y grupo se observan cuadros comunes, estos cuadros representan la relación entre los grupos ingenieriles de trabajo, y los números que poseen estos cuadros equivalen a la frecuencia de interacciones entre estos grupos.

Tabla 6. Asignación de los elementos físicos del sistema a los grupos de trabajo.

		D	E	F	A	B	C	Q	O	P	G	H	I	J	K	L	M	N	T	U	V	W	R	S
Rodillos auxiliares	D	D	1	1	2	2	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Estructura de seguimiento	E	1	E	2	1	1	1	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3
Rodillos principales	F	1	1	F	1	1	1	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3
Soporte estructural	A	1	1	1	A	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	3	3	3	2	2
Carcasa o cubierta	B	1	1	1	1	B	1	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
Tina	C	1	1	2	2	1	C	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3
Trampa o filtro de impurezas	G	2	2	3	3	2	2	G	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Tanque de dosificación.	H	2	2	2	3	2	2	3	H	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Bomba de recirculación.	I	2	2	2	3	2	2	3	3	I	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Tubería y válvula de vapor.	J	2	2	2	3	2	2	3	3	3	J	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

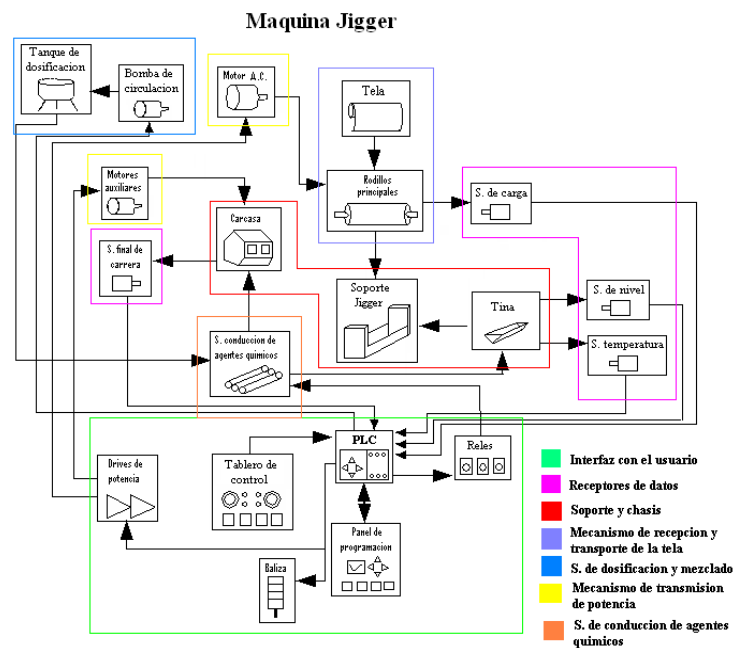
Tubería de agentes químicos	de K	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	K	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
Tubería y válvula de agua.	y de L	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	L	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
Ductos y válvula de desagüe	y de M	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	M	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Armario de maniobra eléctrica.	de N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Tablero de control.	O	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	O	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Panel y pantalla de programación	P	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	P	3	3	3	3	3	3	3	3
Baliza	Q	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Q	3	3	3	3	3	3	3
Sensores de temperatura	T	3	3	3	3	1	1	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3		T	3	3	3	3	3
Sensores de carga	U	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	U	3	3	3	3
Sensores de nivel	V	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	V	3	3	3
Sensores de final de carrera	W	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	W	3	1
Motores AC principales	R	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	R	3
Motores compuerta de acceso	S	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	1	S

Frecuencia de interacciones:

- 1 corresponde a una periodicidad diaria.
- 2 corresponde a una periodicidad semanal.
- 3 corresponde a una periodicidad mensual.

7.4. DISTRIBUCION DE LOS ELEMENTOS DENTRO DEL SISTEMA

Figura 21. Diagrama que muestra las interacciones dentro del sistema de los elementos funcionales.



La figura 21 trata sobre las interacciones entre los elementos funcionales dentro del sistema completo, además discriminado por chunks (conjuntos).

7.5. CONCLUSION: ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

La arquitectura predominante en la Maquina de teñir tela del tipo Jigger, es modular pues los conjuntos que se mostraron anteriormente implementan una función completamente definida, aunque algunos de ellos realizan varias funciones.

A continuación se contestan algunas preguntas decisivas para confirmar que la arquitectura del producto que se escogió es la apropiada.

Decisiones fundamentales:

➤ **¿Arquitectura modular o integral?** Después de haber desarrollado el tema de Arquitectura de Productos y de aplicado consecuentemente; podemos concluir que la opción más indicada para el diseño del producto es basándonos en una

arquitectura modular, esto debido a que los productos están estandarizados, existen muchas empresas que ofrecen estos productos y nuestra manera de competir con ellos, es ofreciendo un producto más económico y garantizando las mismas o similares prestaciones que productos similares. Por estas razones debemos tener una plataforma sólida del producto para poder ofrecer una variedad de productos dentro de la familia que se acomode más a las necesidades de las pequeñas y medianas empresas. Este nicho de mercado que abarcaríamos inicialmente nos ayudara a fortalecer nuestra imagen como empresa y al producto como marca de confiabilidad.

➤ **¿Qué tipo de modularidad?** En cuanto a la tipo se decidió utilizar una modularidad mixta, ya que a través de los ejercicios de la arquitectura de producto observamos que algunos módulos tienen flexibilidad en cuanto a la conexión entre estos, no siendo una única interfaz entre ellos.

➤ **¿Cómo asignar los conjuntos al grupo de desarrollo?** En cuanto a la asignación de grupos de trabajo, al hacer el ejercicio de la matriz de grupos de desarrollo observamos que se podrá dividir en tres grupos, donde además se puede ver como un grupo sobresale en los demás por agrupa el mayor número de elementos funcionales y se escogió como centro del grupo de desarrollo, y será el que tenga que ver más con la interrelación con los otros grupos. Este grupo se encargara de la parte mecánica del sistema. Esto es congruente por ejemplo con el layout, donde podemos observar que es la parte más robusta, la que mas abarca espacio y tamaño, y así, también será su costo y esfuerzo en el diseño.

8. DISEÑO INDUSTRIAL

Disciplina que trata de la concepción formal de los productos manufacturados. En consecuencia, debe ocuparse del aspecto estético, de su eficiencia funcional y de la adecuación productiva y comercial.

8.1. IDENTIFICACION DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE

En la identificación de las necesidades se tendrá en cuenta dos temas la necesidad ergonómica y la necesidad estética.

8.1.1. Necesidad ergonómica.

- **Facilidad de uso.** Para el diseño de este producto y debido a sus especificaciones y el fin para el cual será construido es muy importante la facilidad de uso, debido a que las personas que estarán a cargo de su operación no cuentan con una educación superior, por esto la facilidad de uso debe ser simple; en cuanto menos interacciones más fácil será para el operario recordar cómo realizar un debido proceso. Para este aspecto utilizara una interfaz con el usuario sencillo, con pocos botones y mejor aun si tiene imágenes representativas de su uso o señalizaciones visuales.

A continuación se resolverán algunas preguntas con el fin de comprender y visualizar la importancia del diseño industrial.

- **Facilidad de mantenimiento.** La máquina tendrá un fácil acceso a sus componentes desde los elementos mecánicos (rodamientos, ejes, motores) hasta los componentes electrónicos y eléctricos más pequeños del sistema, como lo son los circuitos del armario de maniobras eléctricas entre otros para su debido recambio o sustitución por fallas no esperadas o mejor funcionamiento si es el caso.

- **Cantidad de interacciones.** Para una adecuada puesta en marcha de la máquina Jigger, la concepción delo diseño prevé un mínimo de 13 interacciones, esto quiere decir, que entre oprimir botones y montar la tela el operario debe interactuar al menos 13 veces con la máquina antes de que comience su ciclo normal de proceso. Esto no restringe a que sean solo 13 las interacciones totales durante el proceso; pues debido a otras variables, el proceso

de teñido debe ser detenido un par de ocasiones para tomar una muestra de la tela y confirmar que el color final sea el requerido por el cliente.

- Oprimir el botón de encendido Universal (on-off).
- Abrir puerta de acceso a la máquina.
- Poner en posición de inicio de enrollamiento del primer rollo de tela.
- Oprimir el botón Manual.
- Oprimir el botón Enrollar Rodillo A.
- Desoprimir el botón Enrollar Rodillo A.
- Adecuar siguiente rollo de tela.

Las interacciones 5, 6 y 7 se repiten dependiendo el número de rollos que se deban montar en la máquina para su correspondiente procesamiento.

- Adecuar el último tramo de la tela en el Rodillo B.
- Cerrar Puerta de acceso de la máquina.
- Oprimir botón Automático.
- Oprimir botón Modo 1 / Modo 2 de acuerdo al tipo de proceso.
- Oprimir botón de la cantidad de tela a procesar.
- Oprimir botón Start (otras interacciones).

○ **Novedad de interacciones.** Sus interacciones no involucran ninguna novedad, pues como fue concebida la arquitectura del producto, se utilizaran componentes estándar, de fácil consecución y costo moderado.

○ **Seguridad.** Los aspectos considerados para la seguridad son entre otros:

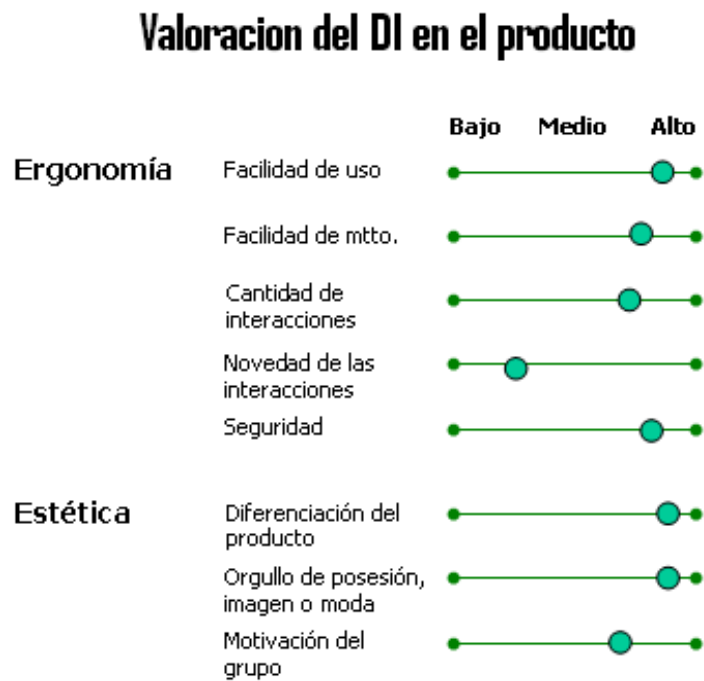
- botones de paro general ubicados adecuadamente en la máquina para que desde cualquier lugar alrededor de la máquina se pueda acceder a este.
- Enclavamientos eléctricos para mayor seguridad como interrupción por falla en los motores o subida en la corriente de la red.
- Una baliza que me da la alarma visual en caso de fallas eléctricas, fallas hidráulicas y que anuncia que la máquina está en proceso.

8.1.2. Necesidad estética. ¿Se requiere una diferenciación visual del producto?

Para el caso de este diseño será de vital importancia tener una diferenciación visual con otras marcas del mercado, pues este es un producto ofrecido por muchas empresas con las mismas prestaciones, por eso es importante competir con ellos no solo en costo sino que tener como valor agregado la apariencia estética

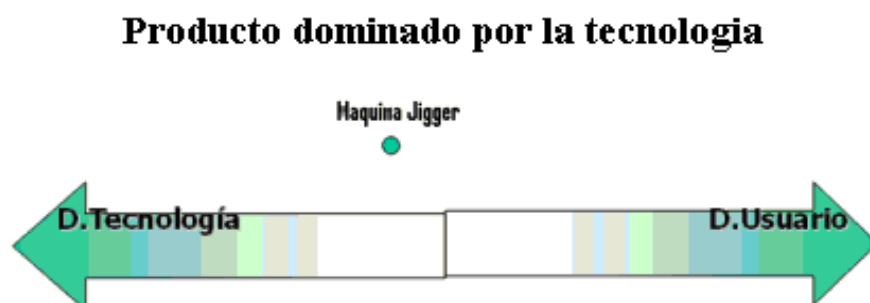
- **Valoración del DI en el producto.**

Figura 22. Evaluación del diseño industrial en el producto.



- **Dominio del producto.**

Figura 23. El diseño de la máquina está ubicado en el dominio de la tecnología.



El dominio del producto me indica hacia que tendencia está concebido el diseño del producto. Debido a que la máquina está diseñada para prestar unos excelentes servicios en cuanto a calidad, eficiencia, economía, etc. El dominio del producto tiende más hacia la tecnología por encima de los beneficios del operario.

8.2. CONCLUSION: DISEÑO INDUSTRIAL

Después de aplicar los métodos para seleccionar la A. P. y luego de evaluar el Diseño Industrial ; se concluyo que por la simplicidad y objetivo de este proyecto, el cual es de satisfacer la necesidad de nuestro cliente como primera medida, se debe diseñar esta máquina basando su plataforma tecnológica en una Arquitectura modular.

La flexibilidad del producto en cuanto a la diversidad de diseños, es basado en una arquitectura del producto modular, con lo que se desea cumplir con este propósito, debido a que no se posee un capital importante para tener una gran infraestructura e implementar una arquitectura integral.

Fue de gran importancia el ejercicio de la ubicación geométrica de los conjuntos funcionales (Layout), porque muestra como las dimensiones del conjunto mecánico, nos brinda la facilidad de “jugar” con las dimensiones y ubicación de los otros grandes conjuntos funcionales (sistema de dosificación, armario de maniobras y otros.), esto nos da la posibilidad de darle una mayor importancia al diseño industrial como valor agregado de este producto, y como elemento diferenciador ante otros productos del competidores.

Se puede resumir que el Diseño Industrial finalmente si puede ser considerado un factor diferenciador de los productos. Pero que requiere una serie de relaciones de obligada definición:

- Objetivos del nuevo producto.
- Expectativas hacia el nuevo producto.
- Características dominantes del producto.
- Medios y colaboradores necesarios. Proceso y valoración de resultados.
- Componentes principales y definitorios del nuevo producto.
- Sincronización de los requisitos técnicos y estéticos.
- Definición del valor y rendimiento social del nuevo producto.

9. DISEÑO PARA MANUFACTURA

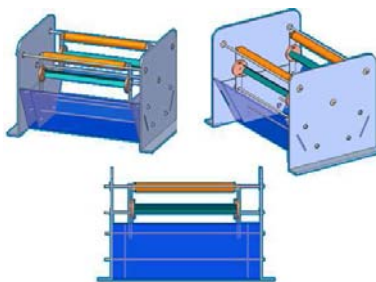
El Diseño para Manufactura y Ensamble (Design for Manufacture and Assembly DFMA) es un proceso de ingeniería simultánea diseñado para optimizar las relaciones entre las funciones de diseño, manufactura y facilidad de ensamble.

Diseño para manufactura es el diseño que va dirigido a reducir los costos del producto final ya sea por disminución de costo de las piezas debido a su rediseño o disminución de costos en la línea de montaje.

A fin de ejercicio se toma el prototipo realizado con el objetivo de estudiar su diseño y posterior montaje, y de alguna forma reconocer puntos clave en donde se pueda aplicar la reducción de costos ya sea en materiales o en el montaje.

Por motivos de aprendizaje y de evaluar algunos materiales; para este punto de diseño para manufactura se diseño, construyo y monto un prototipo a escala de la máquina de teñir del tipo Jigger, este prototipo consistía en evaluar el funcionamiento del subsistema de control de velocidad de los ejes principales y el subsistema de seguimiento de la tela, además de el soporte mecánico incluido la tina o cuba.

Figura 24. Dibujo del prototipo realizado con la herramienta CAD Solid Edge.



9.1. PROCEDIMIENTO DE DESENSAMBLE

- Se divide el dispositivo en sus respectivos subsistemas:
- Soporte estructural y carcasa.

- Acondicionamiento.
- Control.
- Se selecciona el subsistema a desensamblar.
- Soporte estructural y carcasa:
 - Se retiran los tornillos que sujetan la carcasa, los soportes laterales, se retira la tina, los ejes principales y secundarios, se retiran las balineras.
 - Se sueltan los tornillos de sus agarraderas, y se desmontan de sus soportes.
 - Se desajustan todas las conexiones eléctricas y electrónicas entre los elementos fijados a la carcasa inferior y parte lateral.
 - Se retira la tarjeta impresa encargada de la alimentación en el subsistema.
- Acondicionamiento:
 - Se desconecta toda comunicación o alimentación de los demás subsistemas a este.
 - Se retiran los tornillos de la carcasa, y se separan la tapa superior e inferior.
 - Se sueltan los cables de la tarjeta impresa.
 - Se retira la tarjeta impresa sujeta a la carcasa inferior.
- Control:
 - Se desconecta toda comunicación o alimentación de los demás subsistemas a este.
 - Se retiran los tornillos de la carcasa, y se separan la tapa superior e inferior.
 - Se sueltan los cables de la tarjeta impresa.
 - Se retira la tarjeta impresa sujeta a la carcasa inferior.

El acondicionamiento y la parte de control están protegidas por la misma caja, por eso su desarme es prácticamente el mismo.

9.2. ANALISIS DEL DPM

Estimación del costo de manufactura:

El costo total del prototipo a desarrollarse después de la etapa de DI se cotizo en un valor que oscila entre \$600.000 y \$700.000.

$$\text{Tiempo De ensamble} = \text{Tiempo de Manipulación} + \text{Tiempo de Inserción} \quad (1)$$

$$\text{Tiempo De ensamble} = 60 \text{ minutos} + 2 \text{ hora } 30 \text{ minutos} \quad (2)$$

Tiempo de ensamble: 4 horas

$$\text{IndiceDPE} = \frac{\text{NúmeroMínimoDePartes(teórico)} \times 3 \text{Segundos}}{\text{TiempoTotalEstimadoParaEnsamble}} \quad (3)$$

$$\text{IndiceDPE} = \frac{(95 \text{ partes}) \times 3 \text{Segundos}}{14400 \text{Segundos}} \quad (4)$$

$$\text{IndiceDPE} = 0.019791666 \quad (5)$$

Este índice indica una medida de la eficiencia de ensamble, como la relación del tiempo de ensamble mínimo teórico y el tiempo de ensamble real. Este valor indica que el tiempo dedicado es evidentemente mayor al estimado teórico, por esta razón se producen menos productos de los que se esperan y esto produce mayores costos fijos y variables en su producción; pero es importante tener en cuenta que el tiempo de ensamble de este proyecto puede variar respecto al utilizado por las grandes empresas; esto se puede explicar dependiendo de la experiencia de los encargados de mantenimiento del producto y que tan familiarizados estén con la arquitectura del dispositivo.

Con el valor del INDICE DPE* se deduce que el costo de ensamble es alto.
DPE: Diseño Para Ensamble.

A continuación se listan las piezas principales y que se conoce han sufrido un proceso de manufactura y transformación. Al frente de cada pieza se nombra el proceso de manufactura más común para la realización de cada pieza.

Lista 1. Lista de las piezas del prototipo sometidas a algún proceso de manufactura.

PIEZAS	PROCESO MANUFACTURA
Soporte lateral Superior	Inyección, Laminado y Moldeo
Soporte lateral Inferior	Inyección, Laminado y Moldeo
Barra horizontal de soporte	Inyección, Laminado y Moldeo
Tina o cubeta	Acero inoxidable
Contactores	Inyección
Circuitos Impresos	Laminado y Soldadura
Motores principales	Laminado y Embobinado
Caja de Reducción	Inyección, Laminado y Moldeo
Cojinetes sistema de seguimiento	Laminado y Moldeo
Soporte lateral Superior	Inyección
Laterales sistema de seguimiento	Inyección
Ejes auxiliares sistema de seguimiento	Laminado y Moldeo
Eje principal sistema de seguimiento	Inyección, Laminado y Moldeo
Barras de tensión	Laminado y Fresado Plano
Balineras ejes principales	Inyección, Laminado Temple y Moldeo
Guardas (Generales)	Extrusión y Laminado
Ejes principales	Inyección, Laminado Temple y Moldeo
Cables de comunicación y alimentación	Extrusión y Laminado
Agarraderas ejes principales	Inyección, Laminado y Moldeo

9.3. PROPUESTA DE REDISEÑO PARA DISMINUIR LOS COSTOS DE MANUFACTURA

En esta parte se plantea algunas alternativas para disminuir los costos de compra y montaje de manufactura para la máquina de teñir del tipo Jigger.

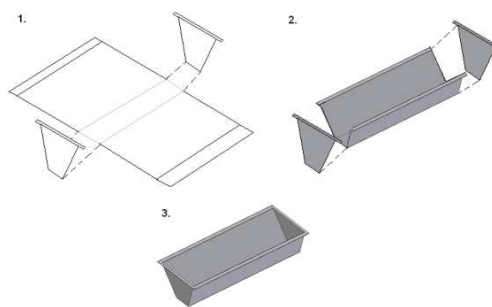
9.3.1. Costos de los componentes: Un rediseño pensando en el costo del sistema electrónico podría ser el uso único y exclusivamente de elementos estándares lo cual reduce tanto costos como tiempo de implementar

dispositivos a la medida. Solo en la aplicación del sistema de control se utilizara un PLC de marca conocida (Siemens), con el propósito de garantizar su funcionamiento y un soporte técnico asegurado.

Otra posibilidad de ahorro es la utilización de algunas piezas importantes y bastante robustas de los Jiggers que se encuentran en la fábrica, estas piezas podrían ser los ejes principales que están hechas de acero colado y macizo, los tambores que se montan sobre los ejes principales que deben de ser de acero inoxidable, e inclusive podría utilizarse también la tina solo con unas pequeñas adaptaciones para que cumpla con las dimensiones del diseño final. La utilización de estas piezas traería una reducción de costo bastante considerable.

9.3.2. Costos por manufactura: Para una reducción de costos a nivel de manufactura se rediseñara industrialmente el producto, específicamente el caso de la tina, porque debido a su forma sería necesario tener un molde para realizarla, y debido a que es una pieza bastante grande y de un material costoso (acero inoxidable), su realización sería bastante alto. Por esta razón lo mejor será realizar la pieza a partir de una lámina doblada y las caras laterales podrían ser otras láminas soldadas a la primera ya doblada. Esto conllevaría un ahorro bastante considerable. A continuación en la figura 25 se muestra un ejemplo de cómo sería el procedimiento propuesto para el ahorro de dinero debido al proceso de manufactura.

Figura 25. Doblado de una lamina con las caras laterales soldadas a esta para conseguir la pieza final.



Las figuras 26 y 27 representan el perfil diseñado con medidas incluidas, y a partir de estos datos considerar la posibilidad de buscar en el mercado un perfil que remplace el soporte lateral. Esta parte de la máquina es bastante grande y el material del que está hecho hace de él un elemento importante en el diseño para manufactura.

Figura 26. Soporte lateral de la máquina.

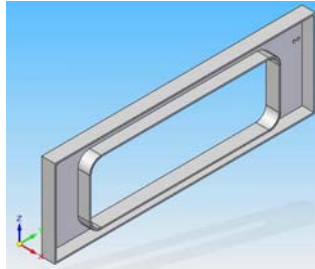


Figura 27. Soporte lateral de la maquina.

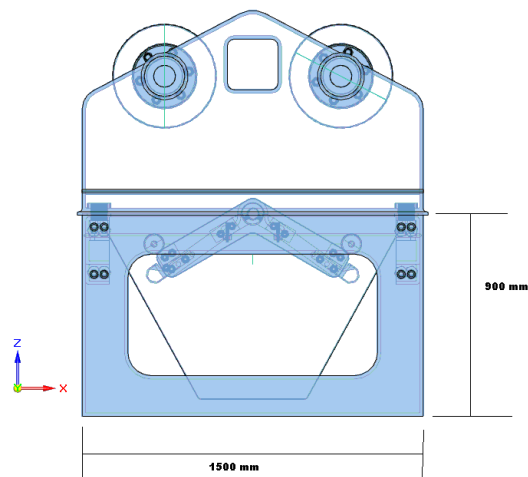
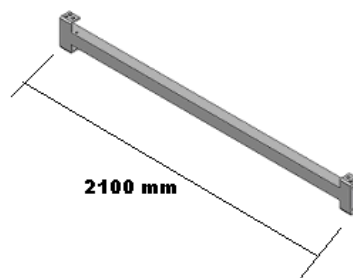


Figura 28. Soporte transversal de la tina.



La figura 28 representa el perfil que fue diseñado a partir de las medidas tomadas al perfil original de la maquina Benninger instalada en la fábrica de telas elásticas s.a.; en el mercado puede ser de fácil consecución otros perfiles. La elección se considerara a la hora de la compra.

9.3.3. Costos por ensamble: La máquina está diseñada para brindar un fácil acceso a las partes de ajuste, y las interconexiones de las piezas, utiliza tornillos y tuercas de fácil consecución, además es claro que su montaje comienza por las partes del soporte y carcasa, que son las mas grandes y robustas, después se prosigue con el ensamble de los subsistemas, para que estos luego sean insertados en la carcasa. Ubicación de los sensores y ajuste o calibración de estos en una etapa preliminar; se montan los motores con sus respectivos reductores y variadores de frecuencia. Por último sobre la carcasa, se montan las compuertas de acceso. Luego se prosigue con la adecuación de la tubería con su respectivo tanque de dosificación, además de filtros y válvulas entre otras. Se continúa con la instalación del armario de maniobras eléctricas, el respectivo cableado con las debidas protecciones de las partes eléctricas y mecánicas. Por último en el proceso de ensamble esta la adecuación de la baliza en la parte superior de la carcasa.

9.4. CONCLUSION: DISEÑO PARA MANUFACTURA

Los métodos de diseño para manufactura y ensamble (DFM y DFA) generan productos más simples y confiables, y con menores costos de manufactura y ensamble. La reducción en el número de partes de un producto se convierte en una bola de nieve ya que ésta trae consigo la reducción del número de partes diferentes, del número de proveedores, de los costos de materiales, manufactura y ensamble, eliminando además los costos de las especificaciones, dibujos e inventarios de las partes eliminadas, es decir, generando un impacto positivo sobre los costos administrativos que muchas veces son un gran porcentaje de los costos totales.

El objetivo al aplicar DFM y DFA es simplificar la estructura del producto para reducir costos de ensamble, y reducir el costo total de las partes. Durante el diseño, DFA debe ser considerado antes que DFM, ya que las recomendaciones para este último a menudo conllevan a un mayor costo de ensamble.

El diseño para ensamble ha generado una revolución en las prácticas de diseño ya que no sólo reduce el costo de ensamble sino que tiene un gran impacto sobre el costo total de manufactura, ya que reduce el número, variedad y la complejidad de las partes.

10. PROTOTIPADO

Prototipo, modelo o versión inicial de un producto, previsto para probar y desarrollar el diseño. Antes de invertir en el equipo necesario para fabricar en serie un producto, el fabricante debe estar convencido de que el diseño es seguro y fiable. Los diseñadores e ingenieros emplean prototipos para conseguirlo.

Los prototipos pueden ser muy sencillos, con sólo unos pocos componentes. Un ejemplo sería un prototipo para averiguar la velocidad de giro de una cuchilla de una cortacésped cuando es impulsada por un motor eléctrico determinado. Lo único que haría falta sería un motor, una cuchilla y una fuente de alimentación. A medida que el diseño avanza, los prototipos se hacen más complicados. Al aumentar gradualmente la complejidad del prototipo se pueden identificar y corregir posibles problemas del diseño.

En la última fase del proceso de diseño, los prototipos son muy parecidos al producto final. La principal diferencia es que no se fabrican con los medios de producción en serie que se emplearán en el producto final, ya que dichos medios aún no existen.

El papel fundamental de un prototipo es reducir el riesgo de errores de diseño. Con los prototipos, los fabricantes pueden adquirir confianza en sus diseños y justificar la inversión necesaria para su producción en serie.

10.1. PLANEACION DEL PROTOTIPO

A continuación se presentara una estructura de planeación para realización de un prototipo.

10.1.1. Definición del propósito. El propósito de realizar este prototipo es para el “**aprendizaje y viabilidad de la aplicación**” debido a que se debe probar esta variante del control de la tensión de la tela por medio de unos encoders incrementales y un control de velocidad de los motores. Probando este concepto escogido en la etapa de diseño, se puedan encontrar algunas falencias en él, para posteriormente tomar decisiones correctivas y no tener errores en el próximo paso del ciclo del producto el cual es el desarrollo del mismo, de este modo se evitara riesgos de mal funcionamiento que se pueden reflejar en costosas perdidas de dinero o peor aún accidentes donde se vean involucrados los operarios.

Además otra ventaja de un prototipo es la facilidad de comunicar al usuario las principales características y principios del dispositivo a realizar.

10.1.2. Objetivos del prototipo. El objetivo de la elaboración del prototipo a escala del subsistema de control de tensión para una máquina de teñir del tipo Jigger, es la de probar la solución planteada para este fin, que consiste en controlar la velocidad de los motores que están acoplados a los ejes principales dependiendo de la cantidad de tela que tienen montados, las pruebas y datos que podamos obtener de este prototipo funcional, nos aportara muchas ideas acerca de cómo debemos afrontar este problema.

Para esto contaremos con las señales acondicionadas por tres tacogeneradores que manda unos pulsos, y estos pulsos incrementan su frecuencia directamente proporcional a la velocidad del eje. Esta señal de frecuencia se acondiciona por medio de un circuito integrado para que me arroje valores entre 0 y 5 voltios, esta señal la utilizo para controlar los motores montados sobre los ejes principales por medios de transistores de potencia (tiristores).

10.1.3. Descripción del prototipo. Dispositivo electro-mecánico para el control de las tensiones de una banda de tejido en un equipo de teñido a lo ancho conocido como Jigger. Trabaja a temperatura ambiente y con velocidades entre 20 y 100 m/min.

Como proyecto se realizo el prototipo de un subsistema de la máquina de teñir tela del tipo Jigger planteada como proyecto de grado; opto por realizar este subsistema porque se aplicara las tres áreas básicas del conocimiento que el ingeniero mecatrónico debe manejar, y así, con la premisa del tiempo se pueda cumplir con los objetivos.

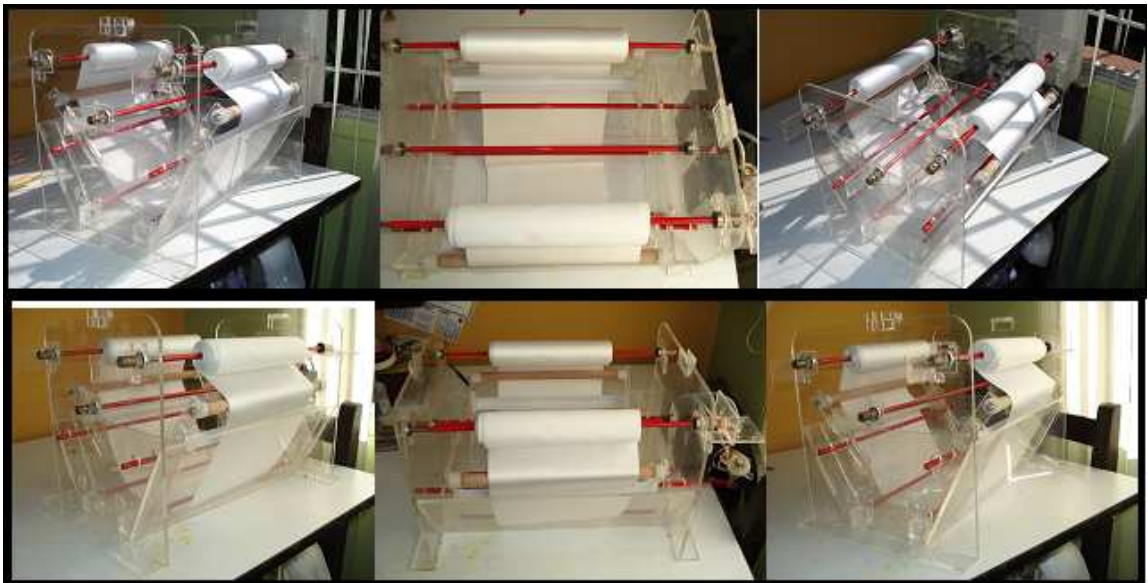
La iniciación del proyecto se basara en las necesidades del cliente y siguiendo el desarrollo de un proceso estructurado, finalizara con el montaje del prototipo. **El subsistema a escala que se decidió realizar en la pasantía será: “Sistema de control de tensión del tejido para una máquina de teñir del tipo Jigger”**

10.1.4. Establecer el grado de aproximación. El grado de aproximación del prototipo es el físico. Con esta aproximación se puede comunicar de forma tangible el funcionamiento y características del dispositivo.

Vale la pena resaltar que este prototipo no luce exactamente cómo será el producto final, debido que al realizar el prototipado se escogió un material que

cumpliera con unas necesidades mecánicas precisas (como lo son la buena transmisión de cargas pequeñas sin fracturarse ni perder sus propiedades), que fuese liviano, no tan costoso y de apariencia agradable. Para este fin se optó por utilizar acrílico de un espesor de 5mm; este material es de fácil adquisición de un costo moderado, de fácil manufacturabilidad, de un aspecto agradable y que cumple con las especificaciones mecánicas suficientes para este prototipo.

Figura 29. Fotos tomadas al prototipo realizado con fines de estudio de manufactura y ensamble.



Por las características anteriores se puede inferir que el prototipo **milestone** es de tipo alfa porque se realizó para evaluar si el producto funciona como se desea, las partes son muy similares en la geometría a la versión final del producto y se fabrica utilizando técnicas de prototipado, la técnica escogida para este proyecto fue **la tradicional**, donde se utilizó el maquinado de acrílico por medio de máquinas herramientas de desprendimiento de viruta, las cuales son el torno, la fresadora y el taladro.

10.2. PROGRAMA PARA LA EJECUCION DEL PROYECTO

Este programa para la ejecución del proyecto pretende establecer una ruta para la ejecución del prototipo planteado.

10.2.1. Lista de Actividades.

Lista 2. Lista de actividades a realizar para el prototipo.

Act. Nº	Actividad global	Nombre de la actividad	Descripción
1	Establecimiento de la organización encargada de la ejecución del proyecto.	*Grupo #4. ¹	“Diseño del sistema de control de tensión en una máquina de teñir del tipo jigger”.
2	Estudio técnico detallado de equipos y obras de ingeniería civil.	Búsqueda en la base de datos Española de patentes y marcas registradas.	Se buscaran documentos técnicos de invenciones realizadas en español.
3	Estudio técnico detallado de equipos y obras de ingeniería civil.	Búsqueda en la Web.	Búsqueda de información práctica y teórica de aplicaciones relacionadas con el tema.
4	Estudio técnico detallado de equipos y obras de ingeniería civil.	Búsqueda de material bibliográfico bibliotecas locales.	Recopilación de información impresa que hay en bibliotecas locales.
5	Estudio técnico detallado de equipos y obras de ingeniería civil.	Selección y compra de sensores tacométricos.	Determinar los diferentes tamaños, precios modelos que se consiguen en el medio local.
6	Elección de la tecnología.	Diseño de la estructura.	Diseño, selección y compra de los materiales para la construcción de esta estructura.
7	Elección de la tecnología.	Diseño del sistema enrollador y seguidor del tejido.	Diseño, selección y compra de los materiales para la realización de este sistema.
8	Elección de la tecnología.	Diseño del sistema de potencia.	Selección y compra de los elementos para este fin.
9	Elección de la tecnología.	Sistema electrónico y de control.	Diseño, selección y compra de los elementos de los circuitos de acondicionamiento y

			control del sistema.
10	Evaluación de propuestas adjudicación de contratos.	Ajustes mecánicos y prueba de funcionamiento.	Terminado el ensamble del dispositivo se revisa nuevamente ajustes de los elementos mecánicos y electrónicos antes de comenzar con pruebas funcionales.
11	Evaluación de propuestas adjudicación de contratos.	Aprobación de funcionalidad y optimización del prototipo.	Después de superadas pruebas de funcionalidad se dedicara tiempo para optimizar el diseño (aspecto, dimensiones, materiales, etc.).

10.2.2. Duración de las actividades.

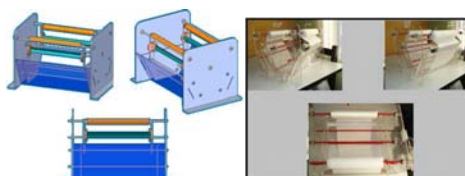
Tabla 7. Lista de actividades y elementos de trabajo para la realización del prototipo.

Actividad	Duración	Necesidades de			Precio Unit
		Personal	Materiales	Equipo	
Investigación y documentación.	7	Fotocopias, documentos en formato digital.			30.000
Búsqueda en la base de datos Española de patentes y marcas registradas.	1-2	Documentos técnicos sobre realizaciones hechas en el mundo relacionadas con el tema.			10.000
Búsqueda en la Web.	1-2	Información teórica practico de aplicaciones útiles sobre el tema.			10.000
Búsqueda de bibliografía en bibliotecas locales.	3	Documentos sobre aplicaciones hechas en Colombia o en la región.			10.000
Diseño estructura o carcasa	3	Acrílico, acero, madera y pasta.			65.000
Diseño de la tina.	2	Acrílico			30.000
Diseño de la cubierta o carcasa de soporte.	2	Acrílico			35.000
Diseño sistema enrollador y seguidor del tejido.	3	Acrílico, acero y madera			70.000
Diseño rodillos principales.	1	Acero			10.000
Diseño de estructura de soporte y seguimiento del tejido.	1				30.000
Brazos de soporte.	1	Acrílico			10.000
Pequeños cilindros de escurrido.	1	Madera			10.000
Cilindros locos.	1	Acero			10.000

Subsistema ensanchador del tejido.	2		30.000
Platos de fijación.	1	Acrílico	12.000
Barras con sección en V.	1	Pasta	3.500
Tubo atirantado.	1	Acrílico	8.000
Pernos.	1	8	2.500
Cilindro intermedio.	1	Acero	4.000
Diseño de sistema de potencia.	1		80.000
Selección del moto-reductor.	1	2	35.000
Selección del elemento de acople de los rodillos principales con la transmisión del motor.	1	2, en pasta	5.000
Sistema electrónico y de control	10		335.000
Sistema de captura de datos y acondicionamiento.	7		275.000
Selección y compra de sensores tacométricos.	1	3	75.000
Acondicionamiento de la señal de los sensores.	2	Placa con circuito impreso	15.000
Circuito sumador.	1	Placa con circuito impreso	5.000
Circuito comparador.	1	Placa con circuito impreso	5.000
Circuito contador.	1	Placa con circuito impreso	5.000
Circuito de registros.	1	Placa con circuito impreso	5.000
Sistema de control de velocidad del motor.	3		60.000
Circuito variador de velocidad con tiristores.	3	Placa con circuito impreso(2)	30.000
Refinamiento y prueba.	15		15.000
Ajustes mecánicos y prueba de funcionamiento	7	Análisis y observación del funcionamiento del sistema	5.000
Aprobación de funcionalidad y optimización del prototipo.	8	Aprobación y realización de mejoras.	10.000
		Total	655.000

10.3. Dibujos ilustrativos del prototipo. La figura 30 fue extraído de una patente radicada en España acerca de maquinas de teñir tela; la figura 31 son vistas del diseño final del prototipo hecho con la herramienta CAD Solid Edge y el montaje físico del prototipo.

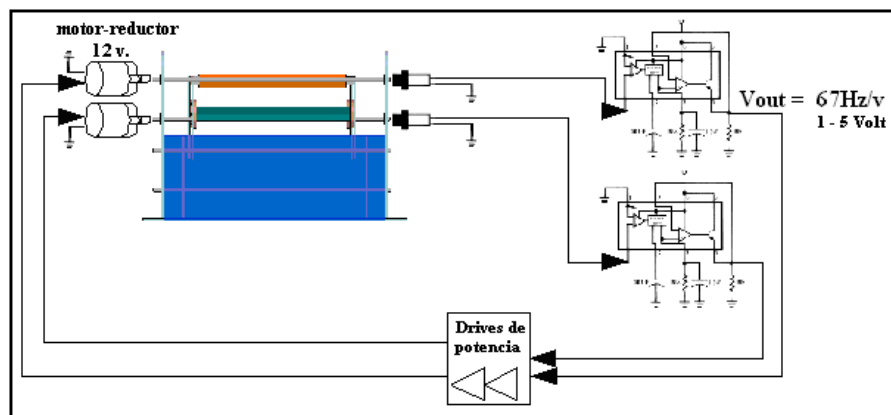
Figura 30. Vista lateral del prototipo.



10.4. ESQUEMA DEL PROYECTO INTEGRADOR

La figura 31 representa interrelación entre los componentes que hacen parte del funcionamiento del prototipo. Todo comienza con la captura de la velocidad de los ejes principales donde está montada la tela, esto se consigue con un par de encoders incrementales que entregan señales en frecuencia; esta señal de frecuencia que es proporcional a la velocidad de los ejes, es convertida en una señal de voltaje entre 0 – 5 voltios con la ayuda de un circuito integrado. La señal acondicionada es utilizada para realizar una acción de control por medio de transistores de potencia, estos transistores aumentan o disminuyen la alimentación de los motores que mueven los ejes principales manejando siempre una velocidad lineal constante.

Figura 31. Esquema del conjunto en general con el flujo de señales.



11. DISEÑO PARA MANTENIMIENTO

Este capítulo estará enfocado en el diseño para mantenimiento, el cual consiste en presentar una propuesta de en el diseño de la máquina para que sea fácil o cómodo la realización de un mantenimiento. Para que esta propuesta de diseño para mantenimiento sea efectiva, se debe de tener en cuenta como prioridad la seguridad y preservación de la vida del operario que realice el mantenimiento a esta máquina. La limpieza es la operación de mantenimiento más común, por esto, en principio el diseño para mantenimiento propuesto está dirigido para que la máquina sea de fácil limpieza, debido a que la máquina trabajara en constante contacto con tintes y agentes químicos como detergentes, blanqueadores, soda caustica entre otros.

Entre un proceso de teñido y otro, el operario debe cerciorar de que no queden impurezas en el compartimento interior (tina) o adheridas piezas a las paredes internas de la carcasa incluidas compuertas de acceso al interior; y si han de quedar, que sean de fácil remoción por parte del operario. Pensando en este motivo se diseño la máquina, con el propósito de que el operario pueda acceder al lugar más alejado, posibilitando su limpieza o la remoción de escombros. Esto en cuanto a la limpieza interna.

Las piezas fueron diseñadas pensando en el hecho de que deben durar la mayor cantidad de tiempo, esencialmente las piezas más grandes y que están sometidas a las mayores cargas de trabajo, debido a que es bastante dispendioso reemplazar una pieza como el eje principal, o como por ejemplo un soporte del chasis. Otras piezas de menor envergadura, como lo son cojinetes, balineras, ejes auxiliares entre otras están diseñados para cumplir un ciclo de vida más bien medio.

Las figuras 32a, 32b, 33a y 33b representan aquellas partes diseñadas para un ciclo de vida medio, es decir, que pueden planearse su reemplazo en paradas programadas o por efecto de un programa de mantenimiento preventivo.

Figura. 32a Barras de sostenimiento de la puerta de acceso.

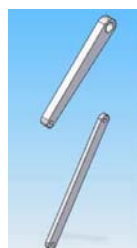


Figura. 32b Motobomba de recirculación.

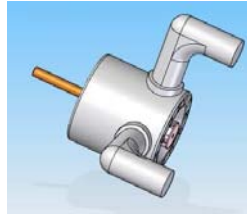


Figura. 33a Resorte de la puerta de acceso.

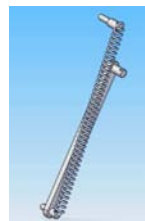
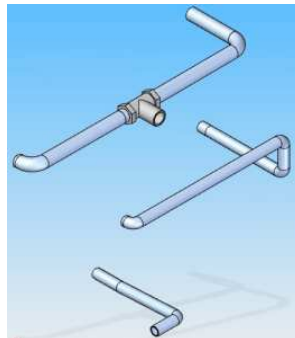


Figura. 33b tubería externa de agentes químicos.



Las figuras 34, 35, 36, 37 y 38 son piezas que hace parte del soporte y chasis de la maquina por esto son mucho más robustas y están diseñadas para que su reemplazo sea a largo plazo. Estas piezas fueron sometidas a simulación del comportamiento en el tiempo debido a cargas reales aplicadas a estas piezas; con las cargas que trabajarían en proceso de teñido normal.

Figura. 34 Rodillo principal.



Figura 35. Carcasa lateral parte superior

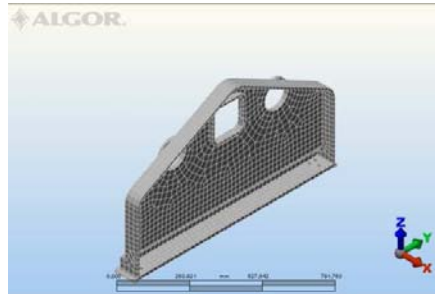


Figura. 36 Tina del diseño prototipado.

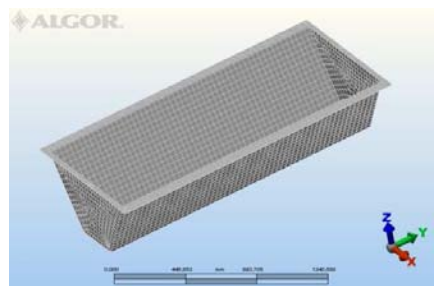


Figura. 37 Eje principal.

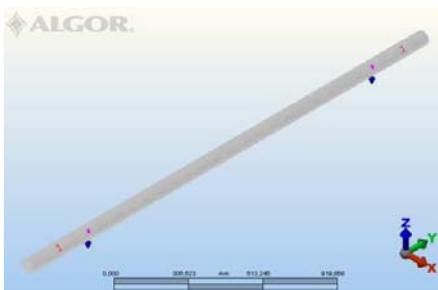


Figura. 38 Carcasa lateral parte inferior.

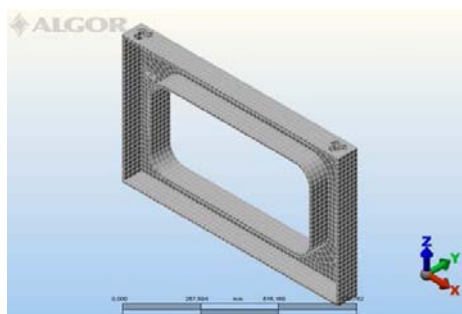
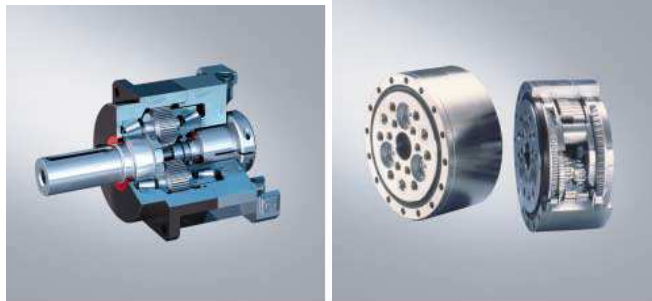


Figura 39. Diagrama de un reductor planetario y un reductor cicloidal respectivamente.



Los motores y sus respectivos reductores deben de contar con un mantenimiento preventivo como lo es la reparación de las escobillas, el engrase de los reductores y revisión del overload de los motores.

12. DISEÑO DETALLADO

En este capítulo se pretende profundizar más en la descripción de componentes, el respaldo de la selección de los mismos entre otras.

12.1. SISTEMA MECANICO

En este capítulo se describirá más detalladamente las piezas diseñadas, el porqué de su concepción y el conjunto en total como un sistema. Además se utilizara la herramienta CAE Algor para simular condiciones reales de trabajo.

Algor: Constituye un conjunto de herramientas software en un variado campo del análisis mecánico o estructural basado en el Método de los Elementos Finitos (FEA). Fue el primer software FEA sobre PC, el primer sistema de análisis de difusión masiva y bajo coste, el primer código FEA implementado en NT, y muchos otros hitos que lo han distinguido siempre como la herramienta de análisis FEA más versátil del mercado.

12.1.1. Diseño concurrente. Se puede definir el Diseño Concurrente, como una metodología en la cual el diseño del producto y el proceso de fabricación están estrechamente interrelacionados. Se trata de realizar todas las actividades implicadas en el desarrollo de un nuevo producto al mismo tiempo, esto es, de manera paralela. Pretende que los desarrolladores, desde un principio, tengan en cuenta todos los elementos del ciclo de vida del producto, desde el diseño conceptual, hasta su disponibilidad incluyendo calidad, costos y necesidades de los usuarios.

Sustituye el clásico entorno de trabajo en el desarrollo y fabricación del producto basado en un diagrama secuencial de actuación de los distintos departamentos, por un trabajo concurrente, simultáneo, con un equipo que comparte la misma información y dispone de herramientas análogas desde que se inicia el proceso de diseño.

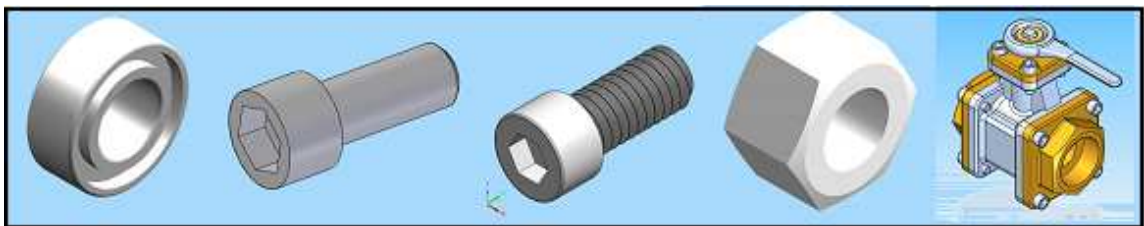
- **Etapas del diseño concurrente.**

- ❖ **Encontrar partes estándares que cumplan con los requisitos.** La máquina

siempre ha sido conceptualizada en el marco de que todos sus componentes iban a ser de fácil consecución regional o en algún caso nacional, además de que esta es una máquina que en cuanto a innovación tecnológica tiene poco que mostrar; en el mercado se encuentran muchas empresas que ofrecen este producto, y todas cumplen con las funciones que exige como mínimo el cliente, por eso no ha sido de interés de los diseñadores introducir algo novedoso al producto porque esto seguramente acarrearía mayores costos de producción, y estos costos se verán reflejados en la poca producción y en la posterior venta.

Por estos motivos los componentes utilizados en esta máquina son comercializados por muchas empresas desde hace bastante tiempo. Ej. PLC, sensores, tornillos, tuercas, drives, moto-reductores, válvulas, etc.

Figura 40. Partes estándares utilizadas en el diseño y montaje en el programa de diseño Solid Edge v.19

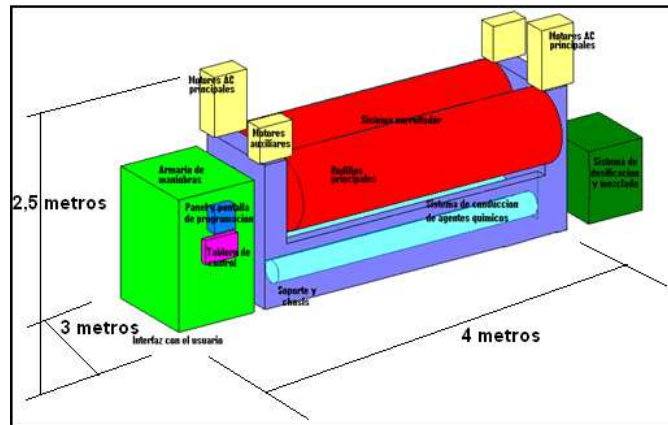


❖ **Seleccionar materiales y técnicas de producción.** En cuanto a los materiales es claro y muy conocido desde que se conceptualizó el producto y al haber tenido contacto con el proceso que los materiales en su mayoría deberían ser de acero inoxidable, además en la realización del benchmarking lo corroboramos, para todos los materiales que tienen que tener contacto directo con el agua y vapor de agua, pues estos materiales deben ser inmunes a la corrosión y paso del tiempo. Por esta razón lo que es la carcasa, tina, sistema de seguimiento, rodillos principales, tubería, entre otros, deberán ser en acero inoxidable. Esto es una restricción crítica por eso se concentraron esfuerzos en que el proceso de manufactura de estas partes sea el adecuado.

❖ **Considerar las restricciones espaciales.** Como podemos observar en el esquema del Layout (figura 41) del sistema, la distribución más importante es la de la parte mecánica, pues conocemos de productos similares que las dimensiones que abarca son en unidades de metros, llegando a ser de hasta 4 metros a lo largo, 3 metros a lo ancho y 2,5 metros a lo alto. Estas medidas nos dan una tolerancia considerable para ubicar con cierta facilidad otros conjuntos funcionales.

Entre otras cosas esta el espacio que nos brinda el chasis, soporte, cubierta y demás, da la posibilidad de esforzarse mas en el diseño industrial como un valor agregado del producto.

Figura 41. Representación en Layout de la máquina de teñir.



12.1.2. Documentación mecánica. A continuación se presentaran el análisis hecho a las piezas más representativas como lo son las partes del soporte y carcasa, así también los ejes y piezas que soportaran el peso de la tela, rodillos y demás. El análisis parte de la consideración de estudiar el comportamiento de la maquina que aun trabaja en la fábrica de telas elásticas s.a., debido al simple hecho de saber que estas maquinas tiene más de 45 años en funcionamiento y aun sus piezas mecánicas se observan en buenas condiciones, esto quiere decir que analizando estas piezas con las ayuda de las piezas diseñadas en Solid Edge con medidas reales tomadas a la maquina en cuestión, y exportadas al programa de análisis de esfuerzos y cargas aplicadas a piezas mecánicas Algor; las piezas serán probadas a condiciones de trabajo como las que estamos considerando a petición de cliente para quien está dirigido este trabajo (dimensiones, cargas, temperatura, etc.), nos arrojará un resultado muy aproximado a la realidad, y a partir de estos datos tomar las decisiones más apropiadas para el diseño final de la máquina de teñir tela del tipo Jigger.

Antes de comenzar el análisis de los elementos mecánicos, se debe conocer las condiciones más extremas a que estarán sometidas las piezas. Para obtener estos datos se debe calcular el peso total que estará montado sobre el rodillo principal (300 kilos de tela + el agua contenida entre sus fibras después de la primera pasada), peso del rodillo principal y finalmente el peso del eje principal de los rodillos.

A continuación se muestra el análisis hecho a 2 muestras de tela de 10x10 cm, durante diferentes momentos del proceso de teñido.

• **Determinación de las condiciones de carga más críticas a que estaría sometido el eje principal.** Para determinar las condiciones de carga más extremas a las cuales el eje principal deberá soportar en algunos momentos del proceso de teñido, se tendrá en cuentas las siguientes consideraciones:



Máxima cantidad de tela permitida: La maquina podrá procesar un máximo de 300 Kg en un ciclo.

Peso del agua absorbida por la tela después de la primera pasada: Luego de iniciar el proceso y de haber pasado la tela a través de la tina llena de agua hacia el otro rodillo principal; la tela habrá absorbido una cantidad considerable de agua que debe ser tenida en cuenta para cuestiones de diseño.

Para determinar la cantidad de agua que puede contener 300 Kilos de tela se analizo en el laboratorio de la Fábrica de Telas Elásticas S.A. dos muestras de 10*10 cms; se tomaron los pesos con la báscula electrónica que se encuentra en el laboratorio durante tres momentos del proceso de teñido:



- Pre-teñido. Es cuando la tela viene de la sección de tejeduría, y se dice que la tela viene cruda.

Tabla 8. Datos obtenidos de dos muestras de tela antes de iniciar el proceso de teñido.

MUESTRA	ETAPA DEL PROCESO	PESO (gr)	IMAGEN
Muestra #1	Antes del inicio del proceso de teñido: seca y sin descrudar. Apenas se encuentra montada en el rodillo principal y lista para ser pasada por el agua contenida en la tina.	2,805	
Muestra #2	Antes del inicio del proceso de teñido: seca y sin descrudar. Apenas se encuentra montada en el rodillo principal y lista para ser pasada por el agua contenida en la tina.	2,830	


Durante el teñido. Esta muestra solo ha sido pasada por agua sin haber tenido contacto con algún otro agente químico de lavado.

Tabla 9. Datos obtenidos de dos muestras de tela después de haber realizado la primera pasada al interior de la tina.

MUESTRA	ETAPA DEL PROCESO	PESO (gr)	IMAGEN
Muestra #1	Inicio del proceso de teñido: húmeda y sin descrudar. Hasta este momento solo ha pasado en una ocasión de un rodillo al otro, absorbiendo en gran cantidad el agua contenida en la tina.	4,945	
Muestra #2	Inicio del proceso de teñido: húmeda y sin descrudar. Hasta este momento solo ha pasado en una ocasión de un rodillo al otro, absorbiendo en gran cantidad el agua contenida en la tina.	4,977	

Final del proceso. En esta etapa la tela a pasado por el proceso de lavado, enjabonado y teñido final. La muestra ya no contiene aceites, solo se encuentra mojada y con el tinte impregnado en sus fibras.

Tabla 10. Datos obtenidos de dos muestras de tela al finalizar el proceso de teñido.

MUESTRA	ETAPA DEL PROCESO	PESO (gr)	IMAGEN
Muestra #1	Final del proceso de teñido: tela húmeda y con el color fijado en sus fibras. La tela ha terminado su proceso de teñido.	2,528	

Muestra #2 Final del proceso de teñido: 2,655
tela húmeda y con el color
fijado en sus fibras.
La tela ha terminado su
proceso de teñido.



Conclusiones: luego de haber tomado los pesos para dos muestras de tela en tres diferentes momentos del proceso de teñido, se determina tomar como dato de referencia los valores de peso mostrados en la tabla 10, por ser los valores más altos de las tres mediciones tomadas, y debido a que este peso se alcanzara en algún instante del proceso se debe considerar el incremento que tendría 300 kilos de tela luego de la primera pasada por el agua contenida en la tina. Para determinar el incremento de peso se realiza la siguiente ecuación.

Se aplica regla de tres simple directa, donde:

280: representa el peso de la muestra seca y cruda.

498: representa el peso de la tela húmeda y cruda.

280 es a 100 %
como 498 es a X

$$X = (498 \times 100) / 280$$

$$X = 177,86\%$$

Esto quiere decir que la tela después de la primera pasada podría aumentar hasta en un 78% su peso inicial; esta consideración para fines del diseño de las piezas es de vital importancia, a continuación se finaliza con el cálculo que tendrían los 300 Kilos luego de haber pasado por la tina llena de agua.

$$(300 \text{ kilos} \times 78\%) / 100\%$$

$$\text{Delta} = 234 \text{ Kilos}$$

El peso total que en algún momento tendrá que soportar los rodillos principales y su debido eje, será de 300 kilos más el incremento; es decir, **524 kilos**.

- **Peso del rodillo principal.** Para calcular el peso del rodillo principal contamos con la densidad del material obtenida de tablas, además de conocer la geometría aplicamos la fórmula de volumen para un cilindro. La figura 42 muestra la geometría del cilindro y las fórmulas utilizadas para determinar el peso del cilindro.

La tabla 11 muestra algunas propiedades físicas y mecánicas de acero inoxidable AISI 310, entre estos datos el que nos interesa que es la densidad.

Tabla 11. Propiedades físicas y mecánicas del acero inoxidable AISI 310.

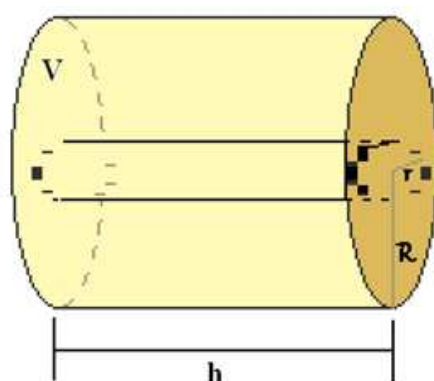
Propiedades Físicas

Densidad (g cm ⁻³)	7,9
Punto de Fusión (C)	1400-1455

Propiedades Mecánicas

Alargamiento (%)	<50
Dureza Brinell	170
Impacto Izod (J m ⁻¹)	20-136
Módulo de Elasticidad (190-GPa)	210
Resistencia a la Tracción (MPa)	530-1200

Figura 42. Dibujo representativo del rodillo principal.



$$V = \pi (R^2 - r^2) h \quad \text{VOLUMEN PARA UN CILINDRO}$$

$$\rho = m/V \quad \text{Densidad del acero inoxidable} = 7,99/\text{cm}^3$$

$$m = \rho V$$

$$m = \rho (\pi (R^2 - r^2) h)$$

$$\rho = m/V \quad V = \pi R^2 h$$

$$h = 166 \text{ cm}$$

$$R = 15,34 \text{ cm}$$

$$r = 14,84 \text{ cm}$$

$$V = \pi (R^2 - r^2) h$$

$$V = \pi (235,32 \text{ cm}^2 - 220,23 \text{ cm}^2) h$$

$$V = \pi (15,09 \text{ cm}^2) 1660 \text{ cm}$$

$$V = 7869,52 \text{ cm}^3$$

$$\rho = m/V$$

$$m = \rho V$$

$$m = 62,17 \text{ Kg} \quad \text{Masa del cilindro}$$

- **Análisis del comportamiento de las piezas sometidas a cargas extremas.**

A continuación se describirá una a una las piezas analizadas con ayuda del programa de simulación Algor

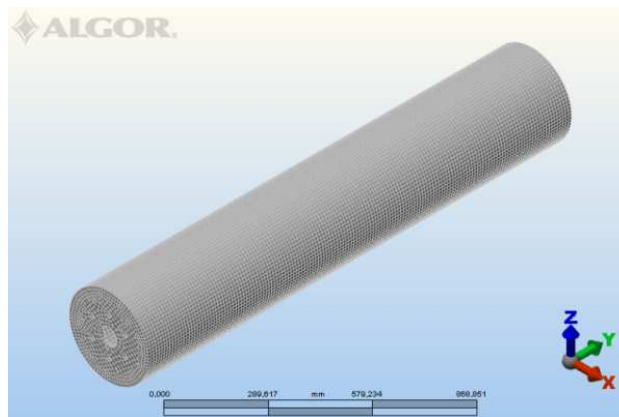
- Rodillo principal. Como parte del análisis se debe tener consignadas las propiedades del material seleccionado, y con estos valores se entra a hacer la respectiva comparación para determinar si el material escogido fue el más óptimo, y de no ser así hacer los respectivos cambios para que el material resista, para nuestro diseño seleccionados el acero 309 inoxidable³.

a) Análisis por esfuerzos. ¹Ahora se verificará si la pieza soporta los esfuerzos o más bien si el material soportara dichos esfuerzos; para esto se usaron los valores consignados en la tabla 12 y se combinaron con los valores que arroja el programa Algor de carga de rotura y límite elástico que fueron los siguientes.

Tabla 12. Cargas límites para el Acero Inoxidable 309.

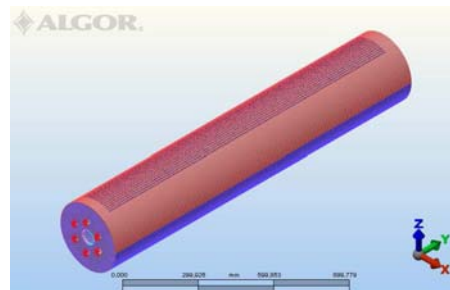
1	propiedad	valor	unidad
2	limite elástico	$2.94 \cdot 10^9$	Lbf/in ²
3	carga rotura	$37,5842 \cdot 10^7$	lbf/in ²

Figura 43. Representacion del modelo de mallado realizado a la pieza.



¹Acero inoxidable 309. Estos aceros están basados en la adición de cantidades considerables de cromo y níquel a los que se suman otros elementos para otras propiedades más específicas. Son resistentes a ambientes húmedos, a agentes químicos y a altas temperaturas. Sus aplicaciones más importantes son para la fabricación de depósitos de agua, cámaras frigoríficas industriales, material clínico e instrumentos quirúrgicos, pequeños electrodomésticos, material doméstico como cuberterías, cuchillería, etc.

Figura44. Rodillo principal sometido a cargas.



La figura 43 muestra el rodillo luego de aplicar el modelo de malla.

En la figura 44 se observa de color rojo oscuro sobre la superficie como se aplica las cargas a la superficie de este rodillo, el valor de las cargas fueron calculadas en 5234 Newton.

Figura 45. Evaluacion de la pieza con el criterio de Von Misses.

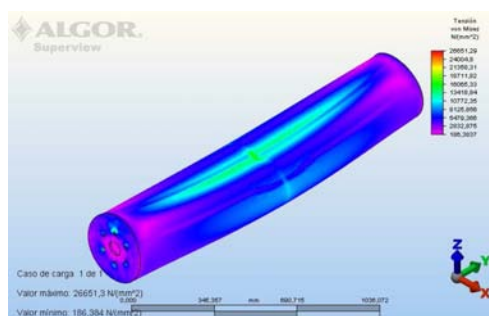
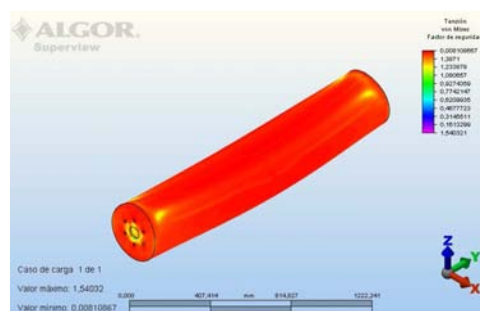


Figura 46. Analisis del factor de seguridad para la pieza.

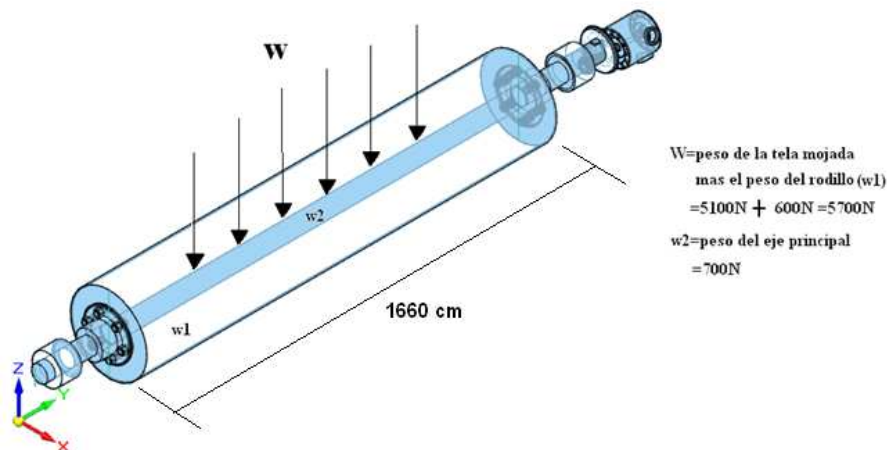


La figura 45 muestra que la pieza puede soportar una carga maxima antes de su ruptura de 26651,29 N(mm^2).

La figura 46 presenta un altísimo factor de seguridad lo que nos indica que esta pieza puede ser considerada para el diseño final.

- Eje del rodillo principal. La figura 47 muestra las cargas a que estará sometido el eje principal. Esta pieza además de soportar el peso de la tela mojada debe sostener también el peso del rodillo principal.

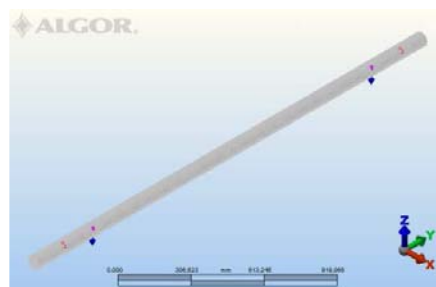
Figura 47. Representación grafica del sistema de enrollamiento.



El eje principal soportará un peso de 5234 Newton (300 kilos de tela mojada) más 621,7 Newton (peso del rodillo principal demostrado en la figura 42), es decir, un total de 5945,7 Newton. En la figura 48 se muestra el eje sometido al modelo de malla para su posterior análisis en el programa Algor.

a) Análisis por esfuerzos. Ahora se verificará si la pieza soporta los esfuerzos o más bien si el material soportará dichos esfuerzos; para esto se usaron los valores consignados en la tabla 15 y se combinaron con los valores que arroja el programa Algor de carga de rotura y límite elástico que fueron los siguientes.

Figura 48. Modelo de mallado para el eje principal.



En la figura 49 se muestra el resultado de la pieza sometida a las cargas mencionadas aplicando el criterio de Von Mises, se puede observar en esta figura como ninguna parte de la superficie de la pieza presenta valores de esfuerzos cercanos al límite de fluencia. También se puede observar en la figura 50 como el análisis del factor de seguridad de la pieza muestra un valor muy por encima de lo ideal.

Figura 49. Análisis por el criterio de Von Mises

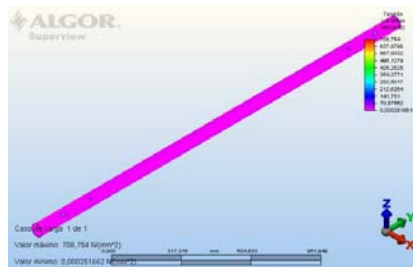
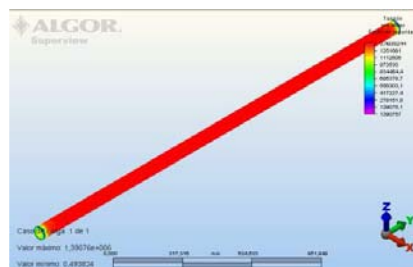


Figura 50. Factor de seguridad para el eje principal .



Después del análisis se obtuvo la certeza de que el eje principal sometido a 5945,7 Newton (peso de la tela mojada más el peso del rodillo principal), soportará el trabajo para el cual fue diseñado.

Carga máxima admitida antes de la fluencia= 708,72 N/mm²

Otro dato importante es el visto en la figura 50 donde se puede apreciar que su factor de seguridad es bastante alto.

Estas razones son suficientes para considerar que el eje diseñado es apropiado para cumplir su función dentro del sistema de la máquina.

- Soporte lateral superior. Para el análisis de esta pieza se determinó utilizar Acero ASTM A-36 que es un acero estructural al carbono.

a) Análisis por esfuerzos. Ahora se verificará si la pieza soporta los esfuerzos o más bien si el material soportará dichos esfuerzos; para esto se usaron los valores

consignados en la tabla 13 y se combinaron con los valores que arrojo el programa Algor de carga de rotura y límite elástico se presentaran a continuación.

El acero estructural al carbono, es utilizado en la construcción de estructuras metálicas, puentes, torres de energía, torres para comunicación y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas, herrajes eléctricos y señalización

Tabla 13. Propiedades mecánicas para el Acero ASTM A-36

E ASTM A36	2,000E+11 Mpa	2,900E+07 Ksi
Área	4,000E-02 m ²	

Figura 51. Soporte lateral superior con el modelo de malla aplicado.

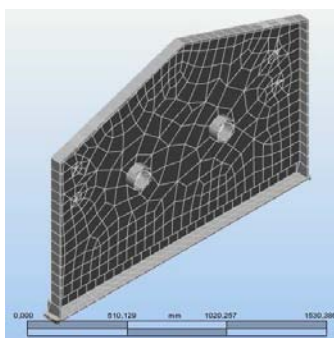
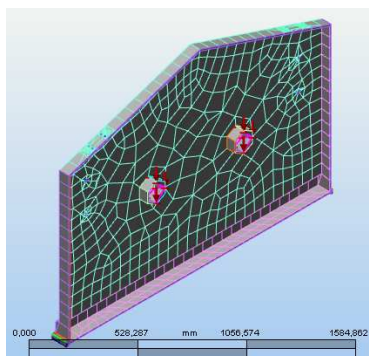


Figura 52. Representación de las cargas aplicadas en los puntos de apoyo del sistema de enrollamiento.



En la figura 52 se puede apreciar como las cargas son aplicadas normalmente a la superficie circular donde deben ir apoyados los extremos del eje principal.

Figura 53. Representación del comportamiento de la pieza sometido a cargas.

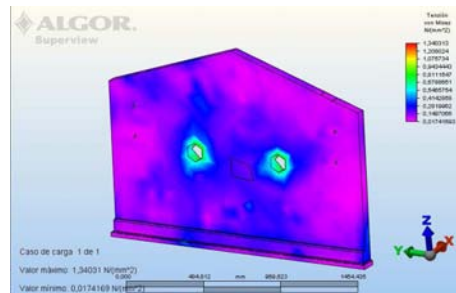
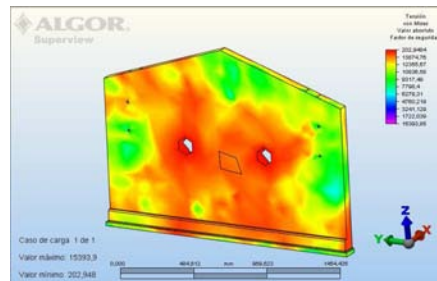


Figura 54. Análisis del factor de seguridad para el soporte lateral superior.



En la figura 53 se puede observar que la parte que más sufre deterioro en la pieza es la superficie de apoyo que recibe los extremos del eje principal, aunque el análisis nos muestra que la pieza aguantara las cargas aplicadas; en la figura 54 donde se muestra el análisis del factor de seguridad, arrojo como resultado un factor de seguridad mínimo de 2,57 y un factor de seguridad máximo de 10,39 esto nos indica que aunque la pieza soportara las condiciones de trabajo necesarias, se podría considerar mejorar el factor de seguridad aumentando la superficie de contacto de la pieza con los extremos del eje principal.

- Soporte lateral inferior. Al igual que la pieza de soporte lateral superior se determino para el análisis utilizar Acero ASTM A-36 que es un acero estructural al carbono.

a) Análisis por esfuerzos: Ahora se verificará con la ayuda de la herramienta computación Algor si la pieza soporta los esfuerzos o más bien si el material soportara dichos esfuerzos; para esto se usaron los valores consignados en la tabla 12 y se combinaron con los valores de carga de rotura y límite elástico que arrojo el programa Algor, a continuación se presentan los resultados.

Figura 55. Modelo de malla aplicado al soporte lateral inferior.

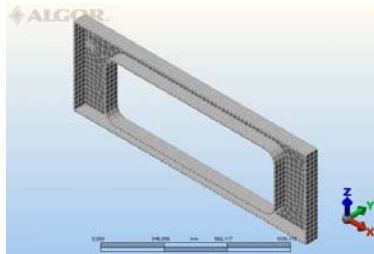
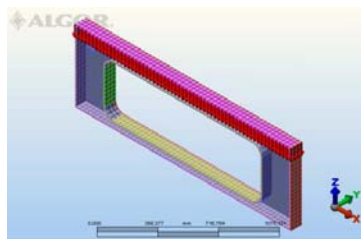


Figura 56. Representación de las cargas aplicadas en la superficie de la pieza.



La figura 55 muestra la aplicación del modelo de mallado a la pieza de soporte lateral inferior.

En la figura 56 se puede observar en la parte superior de la superficie de la pieza y de un color fucsia como son aplicadas las cargas en esta zona de forma normal en dirección negativa del eje Z

Figura 57. Resultado del análisis del factor de seguridad para esta pieza.

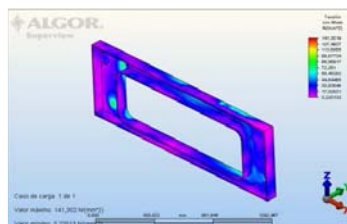
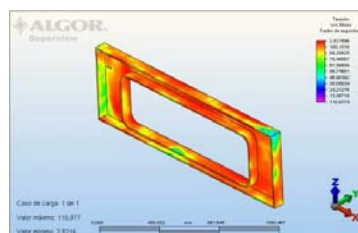


Figura 58. Aplicación del criterio de Von Mises al soporte lateral inferior.



En la figura 57 se observa que luego de aplicar el algoritmo basado en el criterio de Von Mises la pieza presenta un comportamiento bastante aceptable a las cargas que le fueron aplicadas para la simulación.

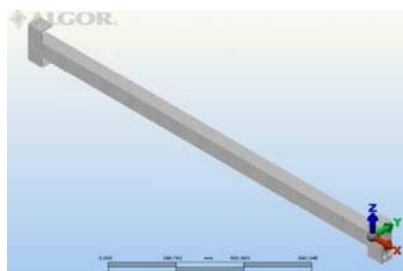
La figura 58 corrobora el anterior comentario respecto a la figura 57, debido a que esta otra presentación del comportamiento de la pieza arroja como un factor de seguridad mínimo de 2,52, este factor de seguridad es bastante aceptable y por consiguiente esta pieza también será tenida en cuenta para el diseño final de la máquina, sin tener que modificar las dimensiones geométricas o cambiar el tipo de material.

- Soporte transversal. Al igual que los soporte laterales superior e inferior, se determino para el análisis de esta pieza utilizar Acero ASTM A-36 que es un acero estructural al carbono.

a) Análisis por esfuerzos. Ahora se verificará con la ayuda de la herramienta computación Algor si la pieza tal cual fue diseñada soporta los esfuerzos o más bien si el material soportara dichos esfuerzos; para esto se usaron los valores consignados en la tabla #16 y se combinaron con los valores de carga de rotura y límite elástico que arrojó el programa Algor, a continuación se presentan los resultados.

Cabe recordar que esta pieza sirve de unión entre los soporte laterales de ambos lados, es decir cumple la función de dar rigidez y estabilidad al soporte mecánico de la máquina. También sobre su superficie ira ajustada y soportada la tina de la máquina, esto quiere decir, que estará sometida a cargas aplicadas a su superficie como son el peso de la tina y el peso depositado en el interior de la tina (200 lbs. de agua).

Figura 59. Aplicación del modelo de mallado a la pieza diseñada en Solid Edge.

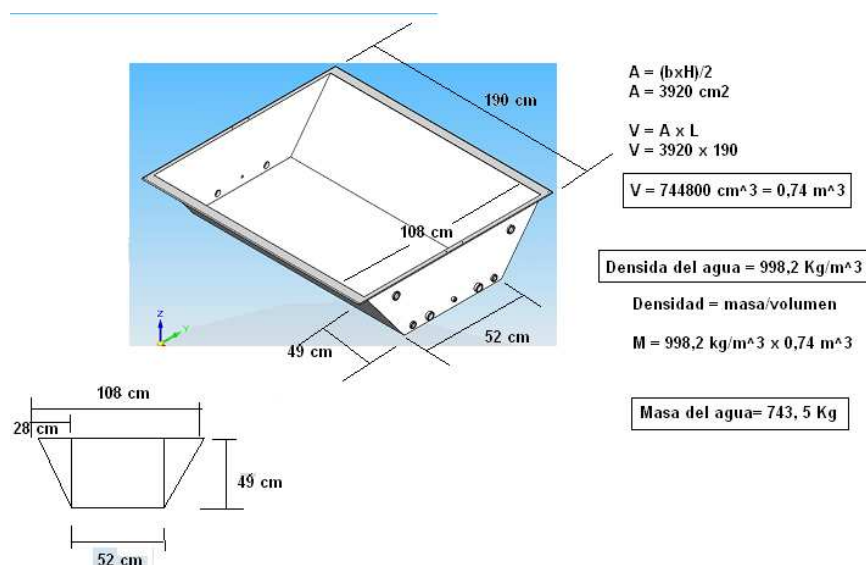


El análisis fue realizado considerando como cargas aplicadas sobre su superficie el peso de la tina y el peso del agua contenido en ella a condiciones extremas (el

peso total de agua que puede almacenar la tina en su interior se determina conociendo el volumen de la tina).

Gracias al programa Algor se puede determinar fácilmente el peso de la tina. El volumen se calculará a partir del conocimiento de la geometría de la pieza. En la figura 60 se muestra el cálculo total del peso que puede albergar la tina en su interior cuando está completamente llena de agua.

Figura 60. Representación geométrica de la tina y el cálculo de su respectivo volumen interior.



- Peso del agua contenida en la tina: 743,5 Kg, es decir 7435 newton en el caso más extremo.
- Peso de la tina: $7,67 \times 10^2$ newton es decir, 76,7 kilogramos.

Después de obtener los pesos correspondientes a la tina y a la posible carga de agua contenida en su interior, se determinó que el peso total será de 8202 newton distribuido sobre dos soportes transversales.

Figura 61. Soporte Transversal con cargas aplicadas en su superficie.

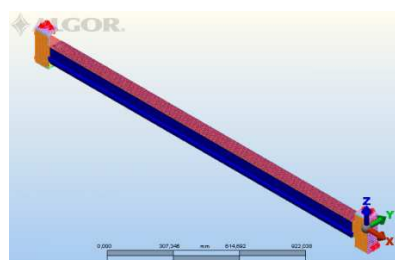
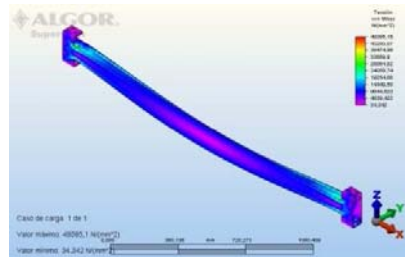


Figura 61a. Representación grafica del comportamiento de la pieza a cargas reales aplicadas a su superficie.



La figura 61 muestra la pieza analizada bajo el criterio de Von Misses, donde claramente se puede apreciar que la pieza no se acerca a los límites de ruptura. Por esta consideración se tendrá en cuenta esta pieza para el diseño final de la maquina.

- Tina o barca. Como parte del análisis se debe tener consignadas las propiedades del material seleccionado. Para fines de diseño de esta pieza se considerara el acero 309 inoxidable. Se tomara como referencia las propiedades mecánicas mostradas en la tabla 11.

a) Análisis por esfuerzos: Ahora se verificará con la ayuda de la herramienta computación Algor si la pieza tal cual fue diseñada soporta los esfuerzos o más bien si el material soportara dichos esfuerzos; para esto se usaron los valores consignados en la tabla 11 y se combinaron con los valores de carga de rotura y límite elástico que arrojó el programa Algor, a continuación se presentan los resultados.

Es importante recordar que las cargas que soportara la pieza será el ocasionado por el agua contenido en su interior, es decir que se tomara el valor calculado para el análisis de la pieza anterior; simplemente se nombrara de nuevo.

Peso del agua contenida en la tina: 743, 5 Kg, es decir 7435 newton en el caso más extremo.

Estas cargas tendrán que ser soportadas por las superficies de más largas de las pestañas que rodean a la tina.

Figura 62. Representación de la tina con el modelo de malla aplicado.

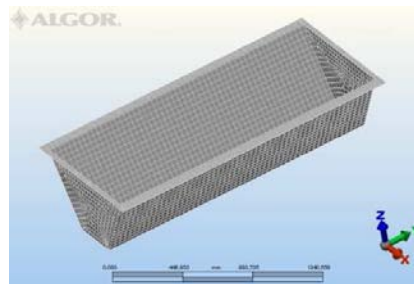


Figura 63. Representación de las cargas aplicadas a las pestañas más largas.

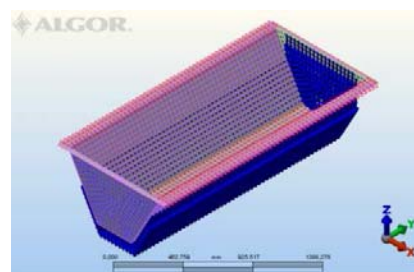


Figura 64. Análisis de la pieza utilizando el programa Algor.

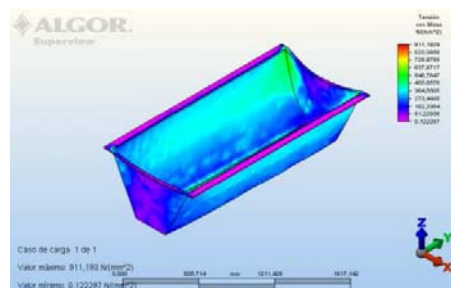
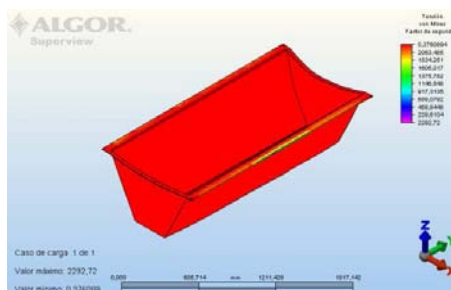


Figura 65. Resultado del análisis para el factor de seguridad de la pieza.

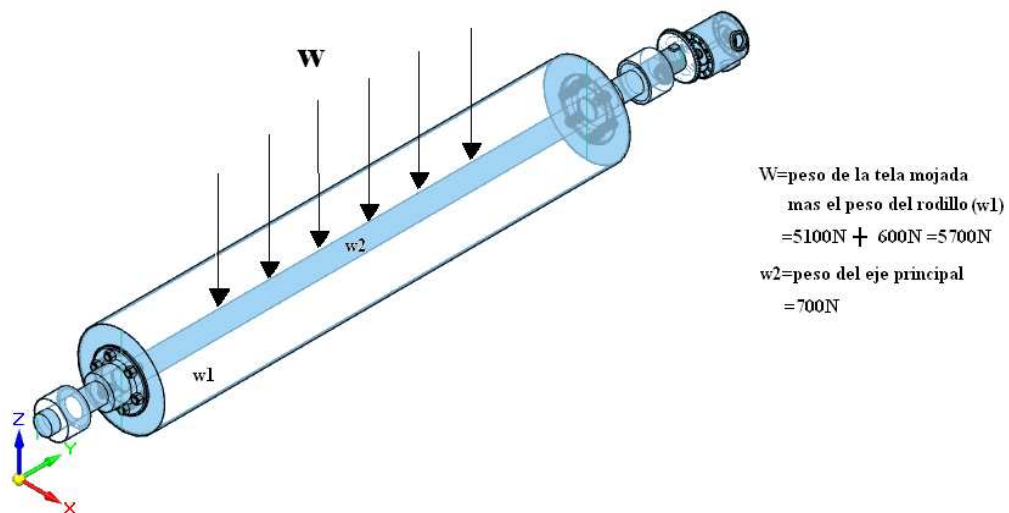


- **Conclusiones del análisis de cargas.** Después de haber simulado con la ayuda del programa Algor v.19 cargas reales a las que estarían sometidas estas piezas en pleno proceso de teñido, se obtuvo como conclusión que los elementos están diseñados para durar un ciclo de vida considerable, este diseño de las partes mas robustas fue realizado con el propósito de que su recambio sea evitable; debido a que su desmonte para realizar algún daño sería bastante tedioso e implicaría varios días de montaje y calibración nuevamente, ocasionando una parada en el proceso indeseada. se realizo con el propósito de no estar reemplazando o desmontando estas piezas para ser reparadas.

El análisis de cargas realizado con la herramienta Algor corrobora que estas piezas están diseñadas para realizar trabajos por encima a las condiciones a que estarán sometidas.

- **Calculo de la potencia requerida por el motor.** Para calcular la potencia requerida para el motor comenzares ilustrando las condicones a que estara sometido.

Figura 66. Representacion del sistema de enrollamiento.



La figura 66 muestra el sistema de enrollamiento sometido a unas cargas aplicadas sobre la superficie del rodillo principal, en sus extremos estara apoyado sobre unos rodamientos, y al lado donde sobresale un poco mas el eje despues del eodamiento (parte derecha de la figura 65) estara acoplado el otor que se encargara de entregar energia rotacional al sistema.

Figura 67. Vista lateral del sistema con las distancia necesarias para el analisis de momentos.

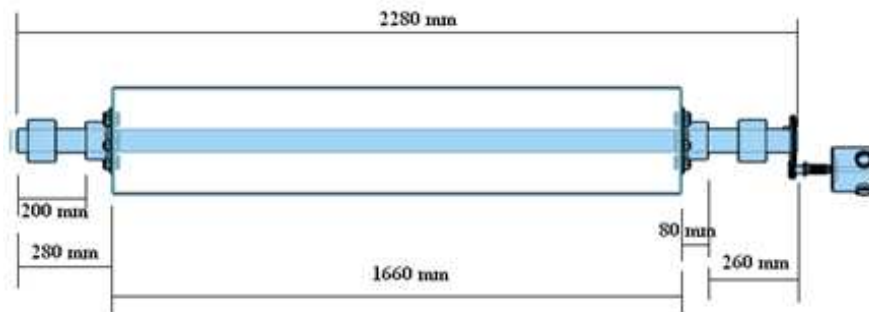
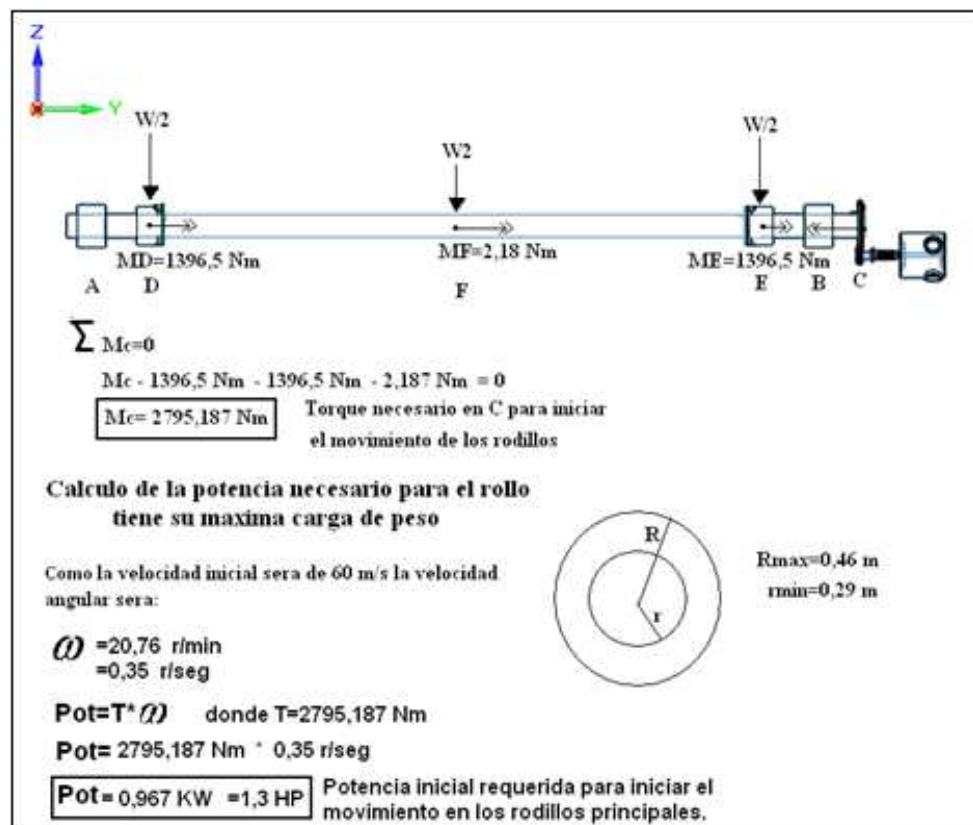


Figura 68. Diagrama de cuerpo libre del sistema.



En la figura 68 se muestra el valor obtenido como potencia necesaria que el motor entregue al sistema. **Pot= 0,967 Kw= 1,3 HP**; con este valor nos referimos a tablas de motores sabiendo de anterioridad que los motores seleccionados para este trabajo deben ser trifásico para aprovechar las instalaciones de la empresa.

- **Anexos piezas mecánicas.** En el Anexo C se encuentran los planos de las piezas no comerciales que hacen parte del diseño mecánico de la Máquina de teñir tela del tipo Jigger, planteada en este proyecto.

En estos anexos se encuentran las piezas que hacen parte del soporte estructural de la maquina, son las piezas más grandes, pesadas y por consiguientes robustas.

El material seleccionado para las piezas del soporte estructural es Acero A36, adecuado para este tipo de aplicación.

El resto de piezas en su gran mayoría presente en el anexo c deben ser realizadas en acero inoxidable, se sugiere el acero inoxidable 310, debido a que estas piezas están en permanente contacto con líquidos; entre estas piezas se encuentran la tina, el techo de la maquina, puerta de acceso, piezas del sistema de seguimiento, rodillo principal, etc.

El acero inoxidable protege las piezas de la corrosión, característica indispensable para la aplicación en este proyecto.

- **Lista de partes.** La tabla 14 nombra y da una pequeña descripción de las piezas realizadas en Solid Edge v19.

Todas estas piezas fueron diseñadas con medidas reales basadas en la toma de medidas de las maquinas existentes en la Fabrica de Telas Elásticas S.A. para quien se está realizando este proyecto, y que cuenta entre sus equipos 10 maquinas de teñir tela del tipo Jigger; entre estas diez maquinas se encuentran tres marcas de fabricas reconocidos mundialmente.

Aunque la realización de este diseño no está completo, porque entre otras cosas le falta lo que es la tubería, válvulas de acceso y escape de diferentes fluidos, como también el tanque de dosificación, caja de maniobras eléctricas, compuerta de acceso y motores entre otros; el propósito de diseño y luego la simulación de la máquina sometida a esfuerzos reales con la ayuda de la herramienta CAD Algor, cumplió con las expectativas, pues era de interés para el diseño final saber si esta máquina poseía la capacidad tal o como está ahora para ser la base de la nueva máquina; y que a partir de esta se pueda agregar todos los demás dispositivos necesarios para su funcionamiento. Para llegar a esta conclusión de tomar como base de partida este diseño, se debió a la clara evidencia de la perdurabilidad en el tiempo de esta máquina, pues esta máquina fue construida entre 1962-1966; es decir, tienen más de 40 años funcionando y hasta el momento no han presentado una falla critica, como lo es la ruptura de alguna pieza de la estructura.

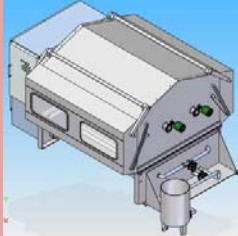
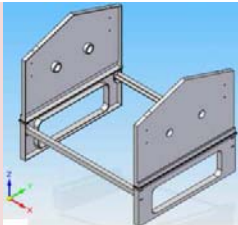
Tabla 14 Lista de las 49 piezas utilizadas en el diseño inicial y base para el diseño final del proyecto.

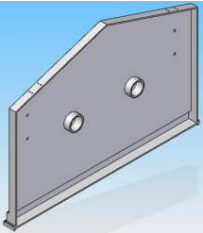

Pieza #	Descripción	Plano	Cant.
1	Agarradera entre barra de seguimiento y su eje	Anexo A	1
2	Agarradera rodillo principal y eje	Anexo A	2
3	Balinera entre el eje y barra sistema seguimiento	-	2
4	Balinera para eje principal	-	4
5	Barra de tensión en el sistema de seguimiento	-	2
6	Barra de unión entre la agarradera y la barra de tensión	-	2
7	Buje para el rodillo del sistema de seguimiento	Anexo A	2
8	Cojinete entre el eje de seguimiento y latina	Anexo A	2
9	Eje del rodillo principal	-	2
10	Eje principal de sistema de seguimiento	-	1
11	Empaque para el rodillo principal y el eje	-	2
12	Lateral sistema de seguimiento	Anexo B	2
13	Rodillo principal	Anexo B	2
14	Rodillo final sistema seguimiento	-	2
15	Soporte #1 de carcasa	Anexo C	2
16	Soporte lateral #2 de carcasa	Anexo B	2
17	Soporte transversal de carcasa	Anexo C	2
18	Tina Benninger ³ #2	Anexo B	1
19	Puerta principal de armario eléctrico.		
20	techo		
21	Cojinete puerta		
22	Resorte de puerta de acceso		
23	Eje principal puerta de acceso		
24	Puerta de acceso		
25	Vidrios puerta de acceso		
26	Empaque puerta de acceso		
27	Engrane de potencia		
28	Motor de potencia		
29	Tubería de vapor		
30	Motobomba		
31	Rodillo interior de la tina		
32	Red de tubería externa		
33	Compartimentos de suministros.		
34	Válvula genérica		
35	Tanque de agentes químicos		



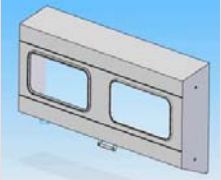
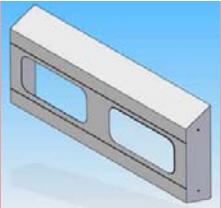
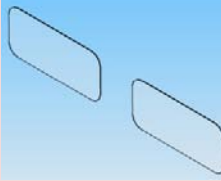
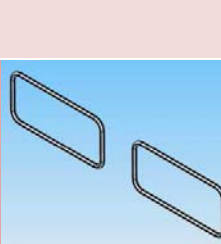


36	Soporte del tanque agentes químicos		
37	Vías de escape y suministros de agentes químicos		
38	Carcasa principal del armario		
39	Tablero de control frontal		
40	Tornillo8-6	Anexo E	6
41	Tornillo14	Anexo E	4
42	Tornillo14-1mm-25	-	4
43	Tornillo20	Anexo E	28
44	Tornillo20-1mm	-	12
45	Tornillo20-1mm-30	-	10
46	Tuerca 8-6	Anexo D	6
47	Tuerca 14	Anexo D	8
48	Tuerca 20	Anexo D	28
49	Tuerca 20-1mm	-	22

- **Descripción general de las piezas.** En la tabla 15 se presentan los nombres de las piezas con una pequeña descripción de su función acompañado de un pequeño grafico para entender mejor el concepto,

Tabla 15. Descripción de las piezas más representativas de la máquina de teñir.

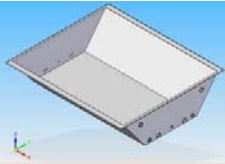

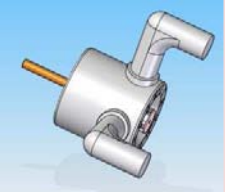

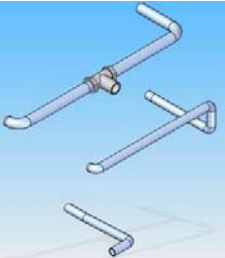
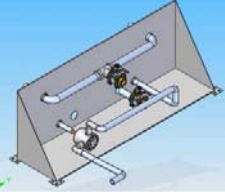
Nº	SUBCONJUNTO	NOMBRE PIEZA	DESCRIPCION	VISTA ISOMETRICA
	MÁQUINA DE TEÑIR TELA DEL TIPO JIGGER		Máquina para teñir tela a lo ancho por agotamiento de los productos químicos, que trabaja a presión atmosférica y entre 0 a 90 grados centígrados.	
	CARCASA Y SOPORTE MÁQUINA JIGGER		Se encarga de dar soporte mecánico y estabilidad.	

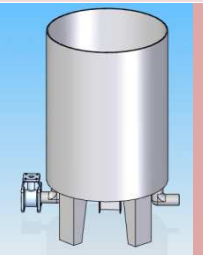
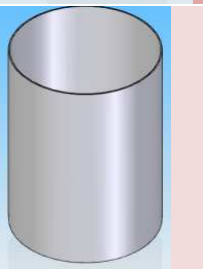
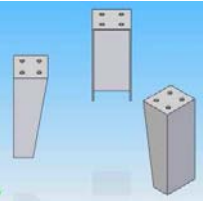
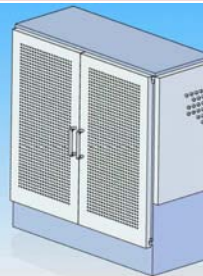
1	SOPORTE LATERAL SUPERIOR	Se encarga en primera instancia de soportar el peso de los rodillos principales.	
2	SOPORTE LATERAL INFERIOR	Es finalmente la pieza que recibirá la mayor carga.	
3	SOPORTE TRANSVERSAL	Es la pieza que une los soportes laterales de ambos lados, además de ser el soporte de la tina.	
	SISTEMA DE PROTECCION Y ACCESO A LA MÁQUINA.	Conjunto de piezas que dan robustez y protección durante el proceso.	
4	TECHO	Se encarga de proteger de impurezas externas además de mantener el calor interno.	
5	COJINETE PUERTA	Es el punto pivote entre el cuerpo de la máquina y la puerta de acceso.	
6	BARRAS PUERTA ACCESO	Par de barras por lado y lado de la puerta que aseguran la ubicación de la misma.	

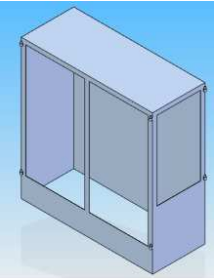
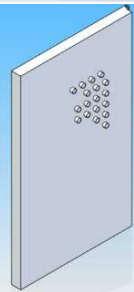
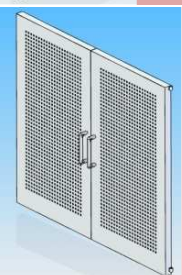
7	RESORTE PUERTA ACCESO	Se encarga de tener ajustada la puerta de acceso a la estructura con una presión suficiente para mantener el vapor en el interior de la máquina.	
8	EJE PRINCIPAL PUERTA ACCESO.	Este eje junto a unos pernos mantienen las barras de la puerta unidos al cojinete.	
	PUERTA ACCESO	Se encarga de proveer seguridad durante el proceso de teñido.	
9	PUERTA ACCESO	Permite la entrada y salida de la tela, además proporciona seguridad.	
10	VIDRIOS PUERTA ACCESO	Es una pieza diseñada para que el operario pueda tener control visual del proceso sin tener que abrir la puerta de acceso.	
11	EMPAQUES VIDRIOS	Se encarga de mantener en su sitio los vidrios y la puerta de acceso.	
	SISTEMA DE ENROLLA- MIENTO	Se encarga de mantener en movimiento la tela de un rodillo a otro.	
12	EJE PRINCIPAL	Pieza que soporta el rodillo y la tela.	

13	RODILLO PRINCIPAL	Elemento que alberga en su superficie toda la tela.	
14	AGARRADERA ENTRE RODILLO Y EL EJE	Se encarga de aumentar la superficie de contacto entre el rodillo principal y su eje.	
15	EMPAQUE AGARRADERA Y RODILLO PRINCIPAL.	Elemento ubicado entre la agarradera y el rodillo principal.	
16	RODAMIENTO EJE PRINCIPAL	Es el punto de apoyo entre el sistema de enrollamiento y la estructura de soporte.	
17	ENGRANE	Engrane ubicado al final de un extremo del eje principal, y medio de transmisión de potencia del motor al eje.	
18	MOTOR DE POTENCIA	Se encarga de transmitir potencia a los rodillos principales.	
	SISTEMA SEGUIMIENTO DE LA TELA	Se encarga de mantener la tela tensionada, además de ser el medio por el cual la tela pasa de un rodillo a otro. Su forma de péndulo es utilizada con ayuda de un sensor angular para determinar las variaciones de tensiones de la tela.	
19	EJE PRINCIPAL SISTEMA DE SEGUIMIENTO	Eje pivote que soporta el sistema de seguimiento y lo une al soporte de la máquina.	

20	AGARRADERA ENTRE EL EJE Y LA BARRA TENSORA	Se encuentra ubicada en el punto medio del eje del sistema y une este con la barra tensora.	
21	BARRA TENSORA	Esta pieza se encuentra en continuo contacto con la tela para evitar pliegues o arrugas.	
22	BUJE DEL RODILLO FINAL DE SEGUIMIENTO	Se encarga de albergar el extremo del rodillo de seguimiento y proveerle de rotación.	
23	RODILLO FINAL DE SEGUIMIENTO	Este rodillo es el medio por el cual la tela cambia de dirección y se dirige al otro rodillo principal.	
24	LATERAL SISTEMA DE SEGUIMIENTO	Pieza que sostiene en sus extremos los rodillos y la barra tensora del sistema de seguimiento.	
25	BUJE DE LA LATERAL DE SEGUIMIENTO Y EL EJE DEL SISTEMA	Este buje es el punto de apoyo de la lateral de seguimiento y otorga libertad de rotación.	
26	COJINETE DE UNION ENTRE EL SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y LA TINA	Cojinete que sostiene el sistema de seguimiento y lo conecta a la tina.	
	TINA Y RED DE SUMINISTROS QUIMICOS	Subconjunto que se encarga de almacenar, transportar y evacuar todo lo que tiene que ver con productos químicos externos.	

27	TINA O BARCA	Pieza que contiene en su interior todos los líquidos necesarios para el proceso de teñido.	
28	TUBERIA VAPOR	Tubería que se encuentra en el interior de la tina por debajo del nivel del agua transportando el vapor saturado.	
29	MOTOBOMBA	Motor de accionamiento eléctrico que se encarga de la recirculación de todos los fluidos al interior de la tina.	
30	RODILLO INTERIOR DE LA TINA	Rodillo que se encuentra en el centro inferior de la tina, y es finalmente el que cambia la dirección de la tela para su posterior enrollamiento en el otro rodillo principal.	
31	TUBERIA EXTERNA A LA TINA	Esta red de tubería representan los elementos que transportan desde el exterior agua, vapor y agentes químicos al interior de la tina.	
32	COMPARTIMEN TO RED DE SUMINISTROS	Elemento que se encarga de dar un poco de protección a la red de tuberías y además un mejor aspecto.	

33	VALVULA GENERICA	Válvula estándar tomada de la biblioteca de piezas de Solid Edge v19 para representar la válvula de agua, vapor, agentes químicos y desagüe.	
	SISTEMA DOSIFICACION AGENTES QUIMICOS	Se encarga de contener y controlar los agentes químicos.	
34	TANQUE AGENTES QUIMICOS	Pieza en acero inoxidable que contiene los agentes químicos.	
35	SOPORTES DEL TANQUE	Soportes que mantengan al tanque de agentes químicos por encima del nivel del piso.	
36	VIAS DE DESAGUE Y SUMINISTRO DEL TANQUE DE QUIMICOS	Piezas que hacen parte del tanque de agentes químicos y se encargan de evacuar o de suministrar los agentes químicos a la tina.	
	ARMARIO DE MANIOBRAS ELECTRICAS	Armario que contendrá y protegerá a todos los elementos eléctricos y electrónicos de control de toda la máquina.	

37	CARCASA PRINCIPAL DEL ARMARIO	La pieza de mayor tamaño del armario que contendrá en su interior todos los elementos eléctricos y electrónicos del sistema.	
38	TABLERO DE CONTROL FRONTAL	Tablero para el control manual o puesta en automático de la máquina.	
39	PUERTA PRINCIPAL DEL ARMARIO ELECTRICO.	Puerta principal de acceso al armario eléctrico.	

- Esquemas 3D realizados en el programa de simulación CAD “Solid Edge v19”.

Figura 69. Vista isometrica derecha

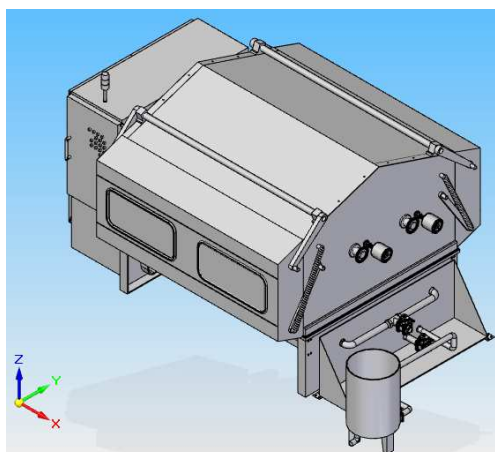
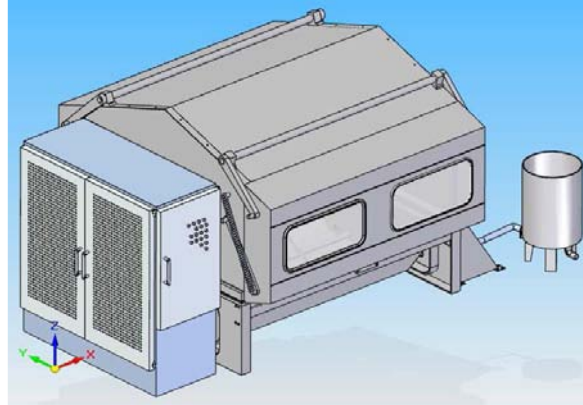
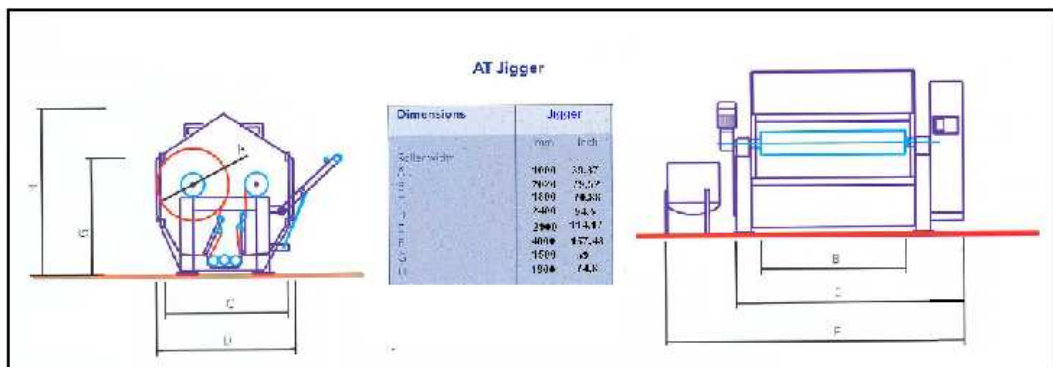


Figura 70. Vista isometrica izquierda.



Las figuras 69 y 70 muestra la maquina de teñir de tipo Jigger en todo su conjunto, con todas las piezas diseñadas en el programa CAD Solid Edge v19. Este es el diseño final obtenido despues de todo el trabajo realizado. A continuacion en la figura 71 se muestra el boceto de la maquina con las medidas mas representativas.

Figura 71. Vista lateral de la tina y el sistema de enrollamiento.



En la figura 71 se puede apreciar las dimensiones máximas de largo, ancho y alto que ocuparía esta máquina.

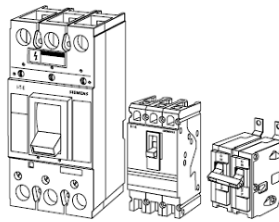
12.2. SISTEMA ELECTRICO Y ELECTRONICO DE CONTROL

En esta parte se describirá los elementos eléctricos y electrónicos de control y protección (relés térmicos, contactores, pulsadores, drives, válvulas, sensores, motores, etc.), que permitirán al sistema medir variables, tomar decisiones y actuar para modificar condiciones del proceso de teñir tela.

12.2.1. Descripción de elementos eléctricos y protección del sistema.

Circuito Breaker: Elemento que debe ir antes del ingreso del voltaje alterno a la maquina, es decir, está conectado a la red antes de entrar a la maquina; y sirve para proteger ante subidas de corriente en la red, y prevenir picos de corriente que afecten el buen funcionamiento del PLC.

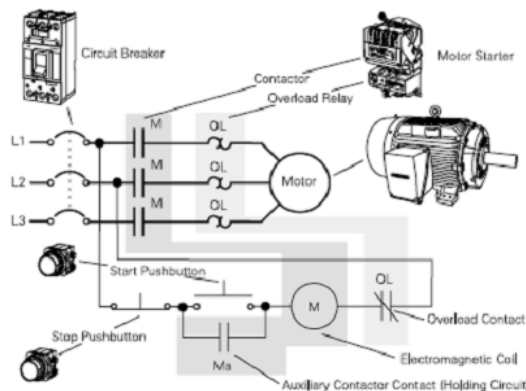
Figura 72. Dibujo de los circuitos breaker.



Los circuitos breaker se consiguen para diferentes valores de corriente 5A, 10A, 20A, etc.

Overload relay: Es un elemento conectado entre los Contactores y los terminales del motor, y su función es la de proteger al motor cuando se presentan condiciones de sobrecarga descontinuo la energía al motor. En la figura 73 se aprecia una aplicación típica de los overload relay, y donde van ubicados.

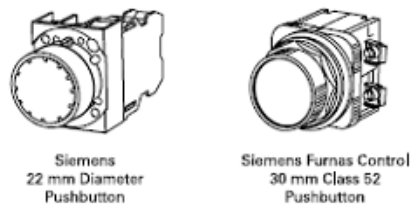
Figura 73. Aplicación de los overload relay.



Pulsadores: Los pulsadores normalmente se usan para abrir o cerrar un circuito manualmente, se encuentran pulsadores normalmente abierto (NO) o normalmente cerrados (NC).

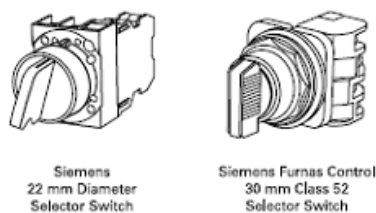
Estos pulsadores se utilizaran en el sistema para dar las acciones de control al PLC.

Figura 74. Pulsadores de diferente presentación.



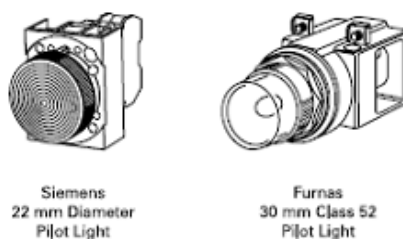
Encendido universal: Estos switches presentan dos estados off/on girando 90° la llave. En la maquina se utilizara para energizar o desenergizar el sistema, cumple la función de encendido universal.

Figura 75. Switches de 2 y 4 posiciones.



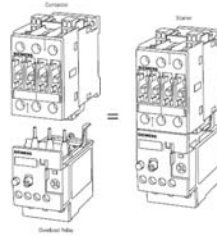
Luces piloto: Las luces piloto proveen información visual sobre el proceso o condiciones de operación del circuito. Es decir que nos pueden informar en que etapa del proceso se encuentra el sistema o si algún elemento de la maquina se encuentra fallando. Para este proyecto se implementaran alarmas visuales para indicar condiciones del proceso; como indicar si se encuentra en modo manual o en modo automático el sistema.

Figura 76. Luces piloto.



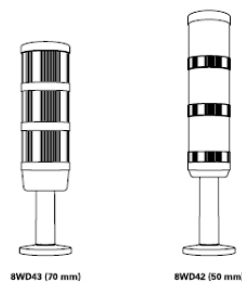
Arrancadores de motor: estos elementos incorporan los Contactores y el relé de sobrecarga como se muestra en la figura 77.

Figura 77. Arrancador de motor.



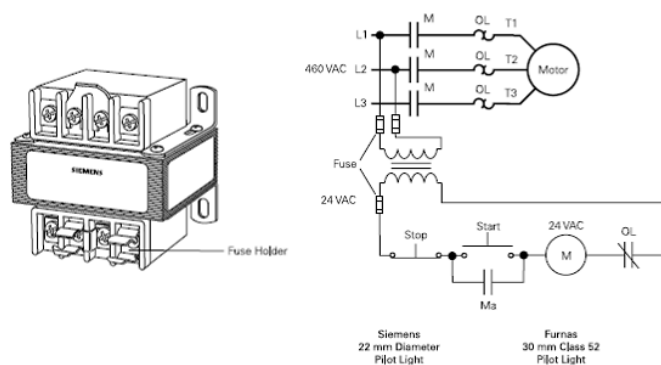
Columnas de señalización (Baliza): Estos elementos son ubicado sobre las maquinas y permiten al personal de operación monitorear la producción a distancia. Se encuentran en varias presentaciones, como diferentes colores de luces, otras son sonoras e inclusive intermitentes. En este proyecto se utilizaran para indicar si la maquina se encuentra en proceso, si se encuentra parada, o si tiene algún problema de sobrecarga en los motores.

Figura 78. Columnas de señalización.



Transformador de control: Este elemento es normalmente usado para reducir el voltaje que viene de la red y alimentar el circuito. Por ejemplo el voltaje de red es de 440 VAC, pero el circuito trabaja a 24 VDC, el transformador está diseñado para mantener este voltaje de salida.

Figura 79. Dibujo de un transformador y el diagrama eléctrico de implementación



PLC Siemens S7-200: Siemens posee muchos productos en la línea de S7-200, por esa cuestión para este proyecto se decidió implementar el S7-224 que posee 14 E/D y 10 S/D; adicionalmente se debe agregar un modulo de expansión para completar las 22 E/D que se necesita, para este fin se selecciono el modulo EM 221 que posee 8 entradas digitales a 24 VDC.

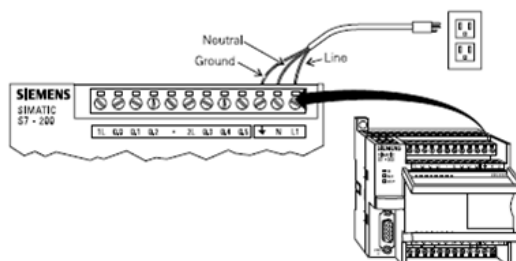
La tabla 16 muestra en recuadro la configuración que interesa para este proyecto.

Tabla 16. Descripción de la CPU, el tipo y cantidad de entradas y salidas.

Model Description	Power Supply	Input Types	Output Types
221 DC/DC/DC	20.4-28.8 VDC	6 DC Inputs	4 DC Outputs
221 AC/DC/Relay	85-264 VAC 47-63 Hz	6 DC Inputs	4 Relay Outputs
222 DC/DC/DC	20.4-28.8 VDC	8 DC Inputs	6 DC Outputs
222 AC/DC/Relay	85-264 VAC 47-63 Hz	8 DC Inputs	6 Relay Outputs
224 DC/DC/DC	20.4-28.8 VDC	14 DC Inputs	10 DC Outputs
224 AC/DC/Relay	85-264 VAC 47-63 Hz	14 DC Inputs	10 Relay Outputs
226 DC/DC/DC	20.4-28.8 VDC	24 DC Inputs	16 DC Outputs
226 AC/DC/Relay	85-264 VAC 47-63 Hz	24 DC Inputs	15 Relay Outputs

Un S7-224 AC/DC/RELAYS puede ser conectado a 120-230 VAC como fuente de alimentación.

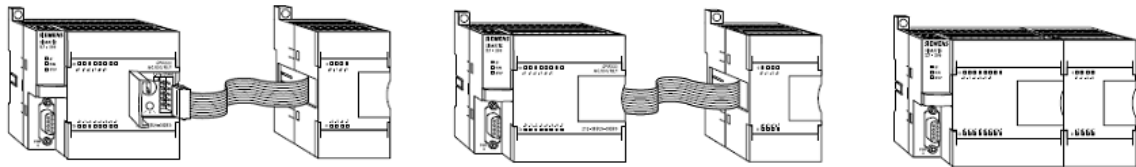
Figura 80. Pines de conexión a la fuente de alimentación.



Modulo análogo EM 231 RTD: Adicionalmente se maneja una entrada análoga, que es la señal que viene del sensor de temperatura, por este motivo se decidió implementar un modulo análogo que convierte señales de voltaje y corriente análogas en representación digital de 12-bits. Los valores digitales son transferidos al PLC para uso de registros.

Adicionalmente los módulos análogos están acondicionados para ser usados con sensores tipo Termocupla o RTD; para este proyecto se utilizara un sensor de temperatura tipo RTD por consiguiente este modulo es adecuado para la implementación en este sistema de control. En la figura 81 se puede observar cómo se acoplaría el modulo análogo a la CPU S7-224

Figura 81. Esquema de conexión del módulo análogo.



En la figura 81 se observa el fácil acoplo de un módulo análogo a la CPU, solo se debe contar con el bus de conexión. Al igual que esta conexión, se pueden agregar más módulos de entradas y salidas, dependiendo de las necesidades del proceso y de las restricciones que tenga cada CPU.

A continuación en la figura 82 se representa la configuración de CPU y módulos adicionales necesarios para este proyecto.

Figura 82. Diagrama de alimentación del PLC y los módulos adicionales.

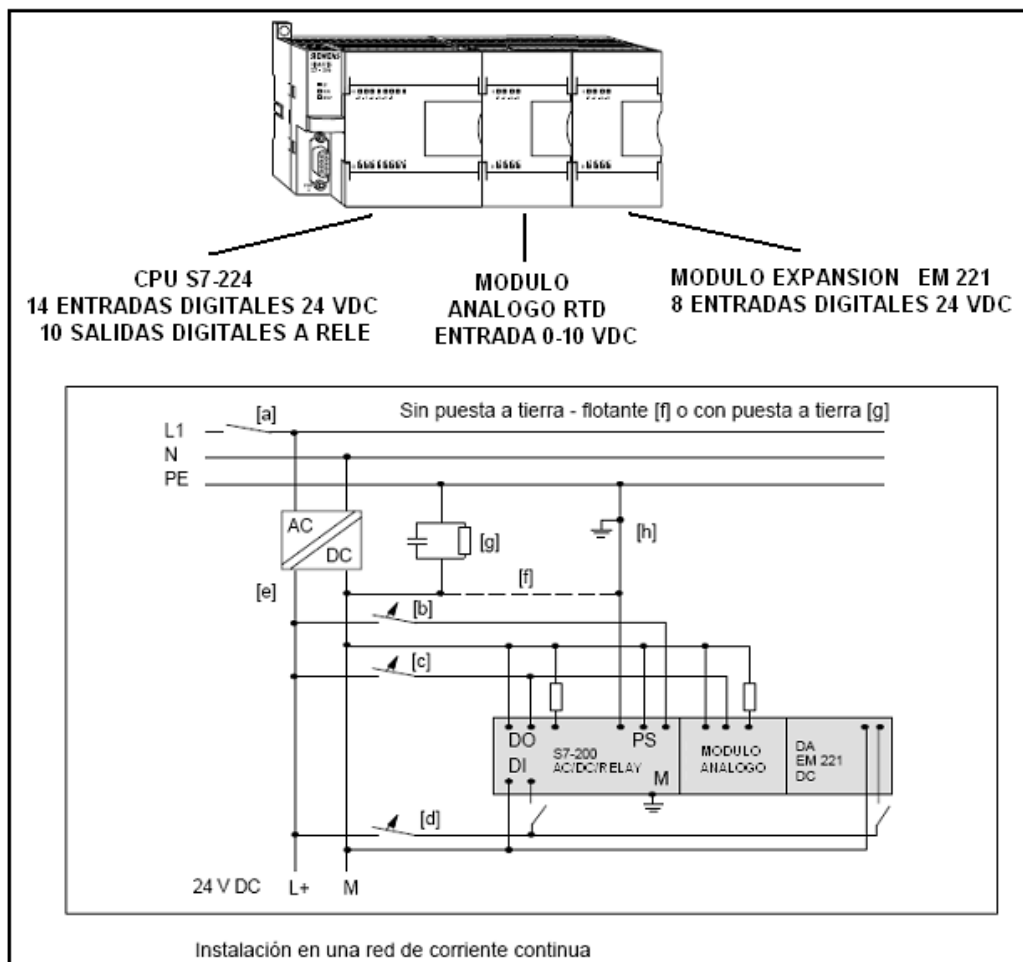
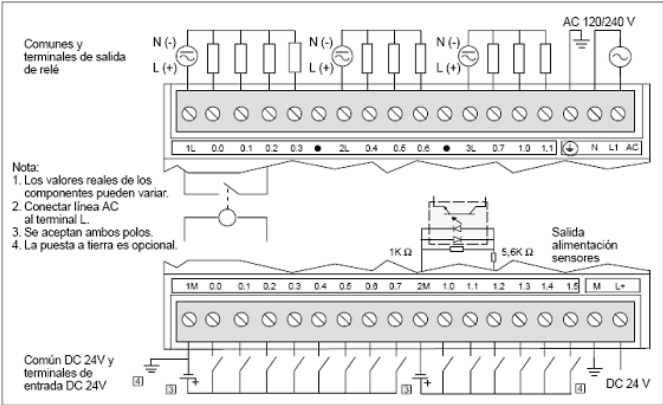
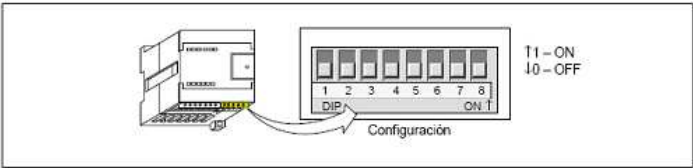


Figura 83. Identificación de los terminales de conexión para la CPU 224.



Como se muestra en la figura 84 los interruptores DIP de configuración están ubicados en el lado inferior del módulo. Para que los ajustes del DIP tengan efecto, es preciso desconectar y conectar nuevamente la CPU y/o la fuente de alimentación externa de 24V.

Figura 84. Configuración de los DIP del modulo RTD.



En la tabla 17 se encuentra resaltado en rojo el tipo de RTD empleada en este sistema (PT 1000), y de acuerdo a esta tabla se modificad los DIP del modulo análogo.

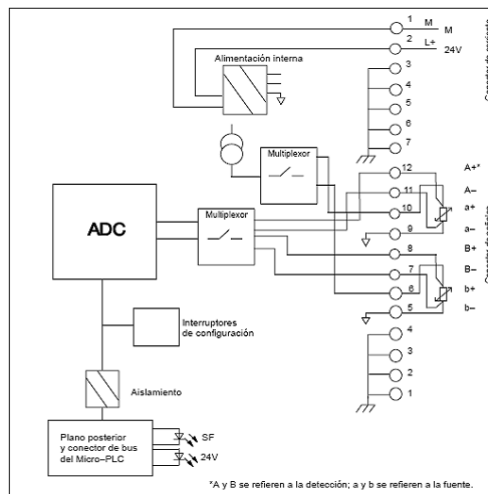
Tabla 17. Seleccionar el tipo de RTD.

Tipo de RTD y alfa	Interruptor 1	Interruptor 2	Interruptor 3	Interruptor 4	Interruptor 5
100Ω Pt 0,003850 (estándar)	0	0	0	0	0
200Ω Pt 0,003850	0	0	0	0	1
500Ω Pt 0,003850	0	0	0	1	0
1000Ω Pt 0,003850	0	0	0	1	1
100Ω Pt 0,003920	0	0	1	0	0
200Ω Pt 0,003920	0	0	1	0	1
500Ω Pt 0,003920	0	0	1	1	0
1000Ω Pt 0,003920	0	0	1	1	1
100Ω Pt 0,00385055	0	1	0	0	0
200Ω Pt 0,00385055	0	1	0	0	1
500Ω Pt 0,00385055	0	1	0	1	0
1000Ω Pt 0,00385055	0	1	0	1	1
100Ω Pt 0,003916	0	1	1	0	0
200Ω Pt 0,003916	0	1	1	0	1
500Ω Pt 0,003916	0	1	1	1	0
1000Ω Pt 0,003916	0	1	1	1	1
100Ω Pt 0,00302	1	0	0	0	0
200Ω Pt 0,003902	1	0	0	0	1
500Ω Pt 0,003902	1	0	0	1	0
1000Ω Pt 0,003902	1	0	0	1	1

El modulo EM 231 RTD se puede cablear directamente al sistema de automatización S7-200.

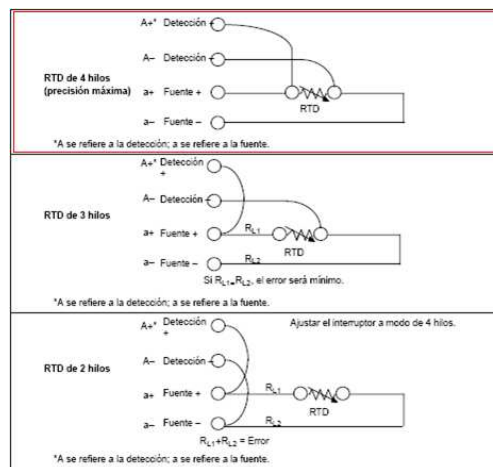
Si se conecta una fuente de alimentación externa se debe conectar a los pines 1 y 2 del conector de corriente. El pin 3 debe conectarse a una toma de tierra cercana como se muestra en la figura 85.

Figura 85. Esquema de circuitos del modulo RT



El modulo RTD se puede conectar al sensor de las tres maneras que muestra la figura 86. La más precisa es la conexión a 4 hilos. Por esta razón en esta aplicación se utilizara la conexión a 4 hilos con el sensor de temperatura descrito más adelante.

Figura 86. Esquema de los tipos de conexión del sensor de temperatura con el modulo RTD.



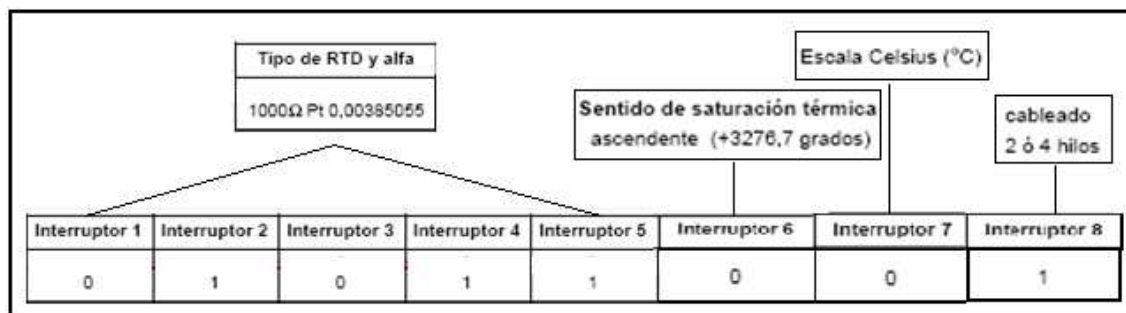
²Conversión de los valores de temperatura medidos.

Tabla 18. Selección del sentido de saturación, la escala de temperatura y esquema de cableado.

Seleccionar el sentido de la saturación térmica del sensor	
Sentido de saturación térmica	Interruptor 6
Sentido ascendente de la escala (+3276,7 grados)	0
Sentido descendente de la escala (-3276,8 grados)	1
Seleccionar la escala de temperatura	
Escala	Interruptor 7
Escala Celsius (°C)	0
Escala Fahrenheit (°F)	1
Esquema de cableado	
Esquema de cableado	Interruptor 8
3 hilos	0
2 ó 4 hilos	1

Finalmente en la figura 87 se muestra la configuración de los DIP en el modulo analógico RTD para el tipo de aplicación necesario.

Figura 87. Configuración de los DIP.



En la tabla 19 se encuadra la CPU y los módulos adicionales necesarios en este proyecto.

² **Nota:** El formato de datos del canal es de palabra de 16 bits (complemento a 2). La temperatura se indica en unidades de 0,1 grados. (Por ejemplo si se mide una temperatura de 100,2 grados, se indicara 1002). Los datos de resistencia se escalan a 27648. Por ejemplo, 75% de la resistencia de escala total se indica como 20736(=225Ω/300Ω * 27648).

Tabla 19. Descripción de los módulos y números de referencia.

CPU's	Nº de referencia
CPU 221 DC/DC/DC 6 entradas/4 salidas	6ES7 211-0AA21-0XB0
CPU 221 AC/DC/relé 6 entradas/4 salidas de relé	6ES7 211-0BA21-0XB0
CPU 222 DC/DC/DC 8 entradas/6 salidas	6ES7 212-1AB21-0XB0
CPU 222 AC/DC/relé 8 entradas/6 salidas de relé	6ES7 212-1BB21-0XB0
CPU 224 DC/DC/DC 14 entradas/10 salidas	6ES7 214-1AD21-0XB0
CPU 224 AC/DC/relé 14 entradas/10 salidas de relé	6ES7 214-1BD21-0XB0
CPU 226 DC/DC/DC 24 entradas/16 salidas	6ES7 216-2AD21-0XB0
CPU 226 AC/DC/relé 24 entradas/16 salidas de relé	6ES7 216-2BD21-0XB0

Módulos de ampliación	Nº de referencia
EM221 8 entradas digitales x DC 24 V	6ES7 221-1BF20-0XA0
EM222 8 salidas digitales x DC 24 V	6ES7 222-1BF20-0XA0
EM 222 8 salidas digitales x relé	6ES7 222-1HF20-0XA0
EM223 4 entradas digitales/4 salidas digitales x DC 24 V	6ES7 223-1BF20-0XA0
EM223 4 entradas digitales/4 salidas de relé x DC 24 V	6ES7 223-1HF20-0XA0
EM223 8 entradas digitales/8 salidas digitales x DC 24 V	6ES7 223-1BH20-0XA0
EM223 8 entradas digitales/8 salidas de relé x DC 24 V	6ES7 223-1PH20-0XA0
EM223 16 entradas digitales/16 salidas digitales x DC 24 V	6ES7 223-1BL20-0XA0
EM223 16 entradas digitales/16 salidas de relé x DC 24 V	6ES7 223-1PL20-0XA0
EM 231 4 entradas analógicas x DC 24 V	6ES7 231-0HC20-0XA0
EM 232 2 salidas analógicas x DC 24 V	6ES7 232-0HB20-0XA0
EM 235 4 entradas analógicas/1 salida analógica x DC 24 V	6ES7 235-0KD20-0XA0
EM 231 RTD, 2 entradas analógicas x DC 24 V	6ES7 231-7PB20-0XA0
EM 231 Termopar, 4 entradas analógicas x DC 24 V	6ES7 231-7PD20-0XA0
EM 277 PROFIBUS-DP	6ES7 277-0AA20-0XA0
Procesador de comunicaciones CP 243-2	6ES7 243-2AX00-0XA0

❖ **Variador de frecuencia:** Este dispositivo me permite controlar la velocidad de un motor modificando su frecuencia. Es un elemento de utilización externa a un PLC. Se encuentra ajustado entre los contactores y el motor como muestra la figura 88. Su selección depende de la potencia del motor a manejar y el valor de la alimentación a la que trabaja el motor. En este proyecto se implementara un motor trifásico a 220 VAC de 3 HP de potencia inicial con un factor de seguridad mayor a 2.

La empresa Siemens ofrece una gama de variadores de frecuencia denominados Micromaster, que viene en presentación A, B, C y D. Donde los tipo A y B son gama baja mientras los tipo C y D son gama alta porque manejan aplicaciones específicas y motores por encima de 100HP. Para la aplicación del sistema diseñado para este proyecto se selecciono el Micromaster B porque sus

especificaciones técnicas son las apropiadas para el fin que se aplicara. Para más información del Micromaster tipo B referirse al anexo.

Figura 88. Diagrama de conexión típica para un motor trifásico.

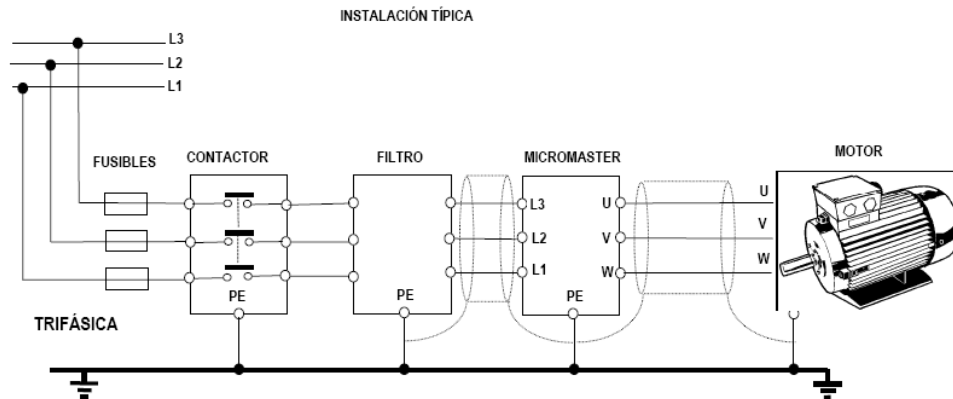
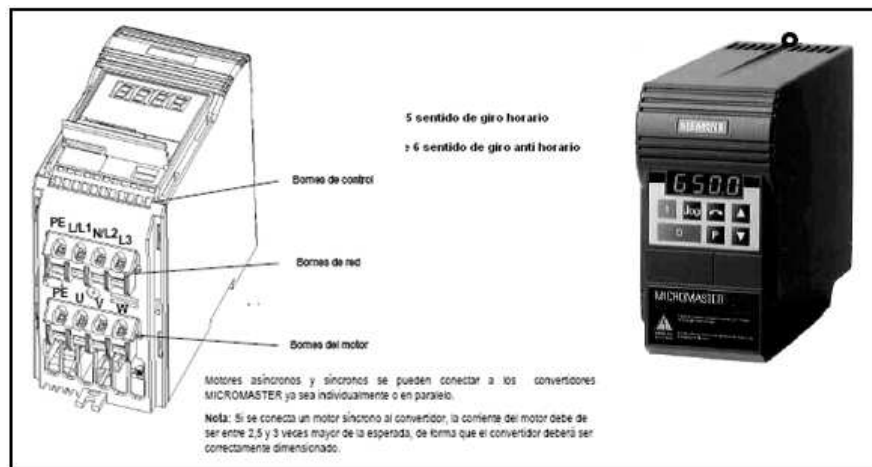


Figura 89. Figura de un Micromaster B.

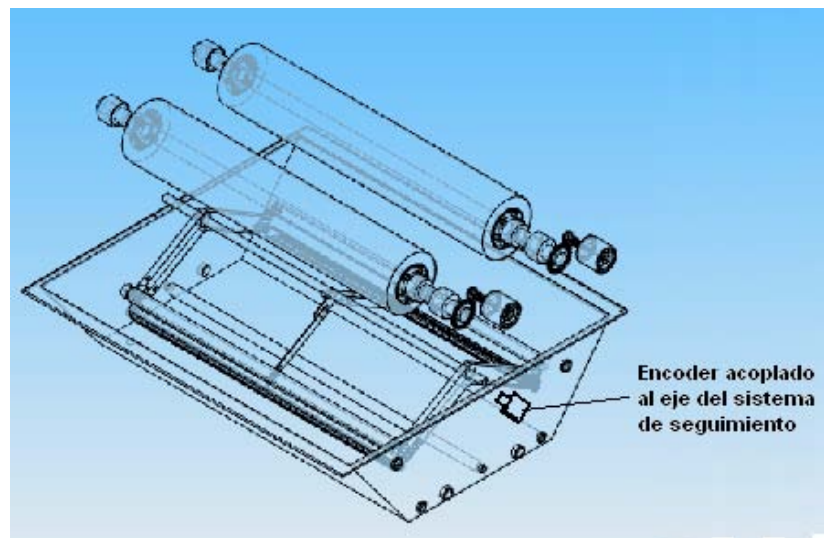


En la figura 89 se puede observar las entradas de control (salidas del PLC, realimentación de un sensor, tipo de señales, etc.), los bornes de alimentación y los bornes de salida al motor.

El variador de frecuencia puede recibir señales digitales para la puesta en marcha del motor en un sentido o en otro (bornes 5 y 6); activada la entrada 5 el motor girara en sentido horario, y activada la entrada 6 el motor girara en sentido contra horario. El Micromaster B también cuenta con unas entradas asignadas para la realimentación que viene de un sensor tipo analógico o también se puede manejar uno de señal digital (bornes 3 y 4); para la aplicación de este proyecto se realimentara con una señal analógica proveniente de un sensor de tipo encoder

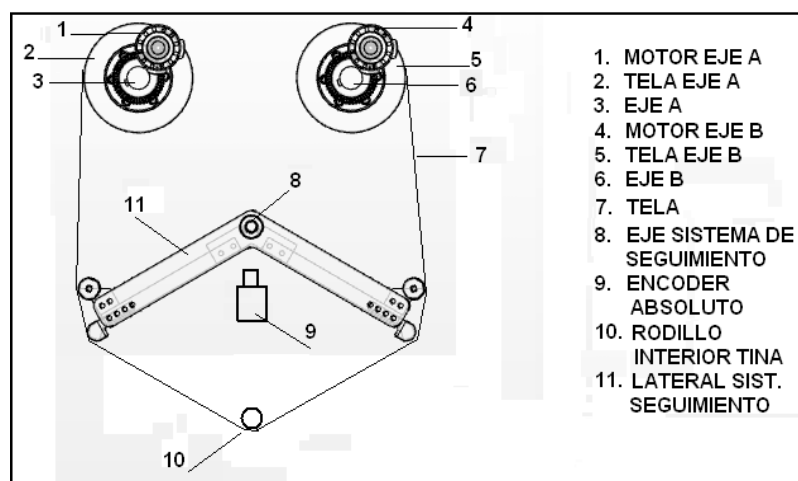
absoluto que entregara a la salida voltajes entre 0-10 VDC, este sensor ira acoplado al eje del sistema de seguimiento, registrando las variaciones de inclinación en alguno de los dos sentido y esta señal de voltaje será proporcional al aumento de la tensión ejercida por la tela, debido a que uno u otro motor estén trabajando a una velocidad distinta a la requerida en todo instante. A continuación se mostrara el diseño de aplicación para el control de la tensión en la tela.

Figura 90. Vista en iso con acople del sensor.



En la figura 90 se muestra las piezas que intervendrán en el manejo de la tensión en la tela cuando pasa de un rodillo a otro, también se puede apreciar donde se tiene pensado acoplar el sensor análogo.

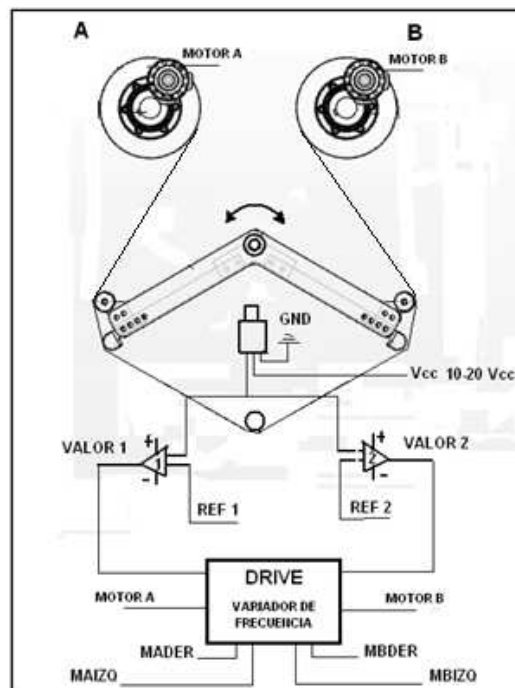
Figura 91. Vista lateral del sistema a controlar.



En la figura 91 se pudo apreciar los rodillos principales, los motores acoplados a su eje, más abajo la pieza lateral del sistema de seguimiento que actuara como un péndulo oscilante, el sensor que irá acoplado al eje del sistema y la tela que pasa de un lado a otro.

Ahora se explicará cómo se utilizarán las piezas y las señales medidas para implementar el control de la velocidad de los motores principales.

Figura 92. Condiciones ideales del sistema.



En la figura 92 se representan las condiciones ideales de comportamiento del sistema, donde la tensión de la tela sea igual a ambos lados, esto quiere decir que la velocidad lineal del rodillo que aporta tela es igual a la velocidad lineal del rodillo que recoge la tela. En estas condiciones ideales la señal que transmitirá el sensor será la mitad del rango que maneja de salida (5 VDC), esta señal debe mantenerse durante el proceso indistintamente hacia qué sentido se muevan los rodillos principales. Con la variación de la referencia de 5 VDC se tomarán acciones correctivas respecto a la velocidad de cada motor.

Como estas condiciones ideales no se mantienen, a continuación se describirán las posibles situaciones que se puedan presentar.

- Situación inicial: Primero hay que comenzar explicando que la tela se monta y se desmonta de la máquina siempre por el mismo lado, por el lado donde se

encuentra el panel de control, para ese lado se denominara el rodillo A y el otro rodillo se denotara como rodillo B, esto para cuestiones de entender el funcionamiento de vaivén de la tela. Cuando va a comenzar el proceso, la tela se encuentra montada sobre el rodillo A y pasara a enrollarse en el rodillo B, para conseguir esto debe pasar por una serie de rodillos auxiliares y una barra de tensión, estos rodillos auxiliares (3 rodillos), las barras tensoras y la pieza lateral en forma de triangulo conforman lo que se llama sistema de seguimiento de la tela; este sistema debido a su geometría y simetría se comporta como un péndulo; esta característica la utilizaremos para determinar un ángulo de inclinación hacia un sentido u otro por medio de la señal que manda un sensor del tipo encoder absoluto, esta señal que variara entre 0-10 Vcc. indicara si se debe corregir la velocidad de los rodillos variando la frecuencia de la tensión de alimentación de los motores trifásicos. Cuando se da inicio al proceso la tela pasa del rodillo A al rodillo B, los motores que mueven los rodillos comienzan a una velocidad previamente ingresada al variador de frecuencia, pero debido a que en cada rodillo se encuentra una carga de peso muy diferente inicialmente, la potencia de arranque necesaria para mover cada rodillo será diferente, por este motivo desde el principio habrá una variación del sistema de seguimiento ocasionado por las variaciones de tensión de la tela, además otra consideración a tener en cuenta, es que los radios iniciales para cada rodillo será diferente prácticamente durante todo el proceso, a medida que disminuye el diámetro de un lado aumentara en el otro, esta es otra razón por el cual se debe controlar la velocidad. Para el caso ilustrado en la figura 93 la velocidad lineal en el rodillo B es mayor a la del rodillo A, por esta razón el sistema de seguimiento se inclina a la derecha originando una variación en la señal sensada por el encoder, esta señal ingresara a los variadores de frecuencia para controlar la velocidad de los motores.

A modo de ejemplo consideraremos que cuando el sistema de seguimiento gira un ángulo de 15° a la derecha como en la figura 93, el sensor registrara un voltaje de salida de 7 V, que se utilizara en el variador de frecuencia del motor B y los 3V restantes ingresaran al variador de frecuencia de motor A. Como en el caso ideal el encoder entregara una señal de 5V por encontrarse en la mitad de su rango de salida (0-10 Vcc.), y mecánicamente en la posición de reposo. Es decir que este valor análogo de 5 v será la referencia de realimentación para los variadores de velocidad, por consiguiente para el caso mostrado en la figura 93, el voltaje registrado a la entrada del variador de velocidad estará por encima de la referencia, le estará llegando 7V como se considero para este ejemplo, entonces como el motor se encuentra girando a la derecha (pin 5 en alto) de acuerdo a la señal enviada desde el PLC, el variador de velocidad debe reducir la velocidad del motor para que el sistema de seguimiento regrese a su posición inicial. Al otro variador de velocidad que gobierna el motor A estará llegando 3V, quiere decir que está por debajo de la señal de referencia, y debido a que se encuentra girando en sentido horario según la activación de la salida del PLC (MADER), el variador de

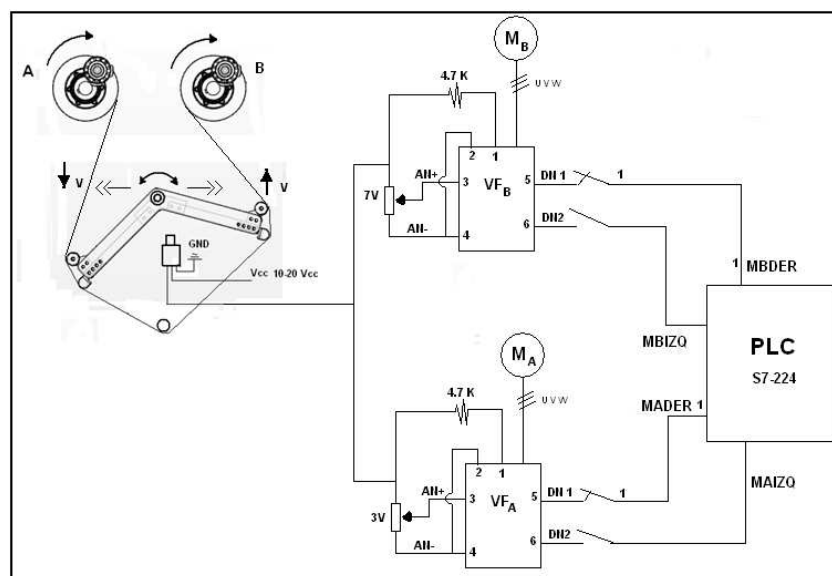
frecuencia para el motor A debe aumentar la velocidad para estabilizar el sistema de seguimiento y la señal de referencia se acerque a la ideal.

Vale aclarar que estas acciones de aumentar o disminuir la velocidad de alguno de los dos motores considerando en qué sentido se encuentre girando, se logra con la correcta programación de los parámetros que maneja el variador de velocidad y que son previamente ingresados de forma manual por el programador a través del panel de control que posee en su parte frontal.

Para saber más acerca del ingreso y modificación de estos parámetros se debe referir al manual de instalación de Siemens para el Micromaster del tipo B, en este proyecto se referenciarán los datos técnicos más relevantes y suficientes para concluir el diseño de la máquina de teñir tela del tipo Jigger.

Por el momento se mencionará que entre los parámetros que se pueden modificar en los variadores de velocidad, está la frecuencia, las RPM, tiempo de aceleración, tiempo de parada, entre otras. También es importante mencionar que el Micromaster puede manejar entradas del sensor y las entradas de control tanto analógicas como digitales, ampliando más su aplicación en la industria.

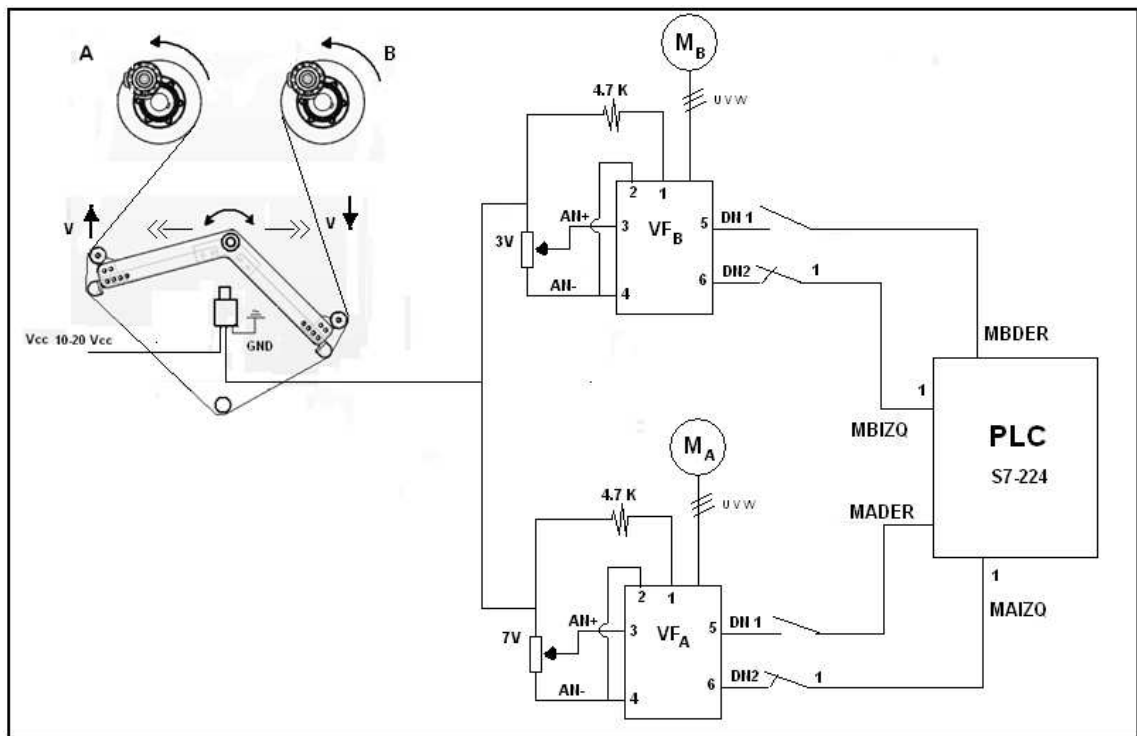
Figura 93. Dirección de la tela al inicio del proceso.



- Situación de regreso: Cuando la tela ha pasado del rodillo A al rodillo B, debe cambiar el sentido de giro de los motores para que la tela regrese al rodillo A igualmente pasando por el interior de la tina y en contacto continuo con el sistema de seguimiento. Caso contrario a la situación inicial, en el caso ilustrado en la figura 94 muestra a modo de ejemplo, que a la entrada analógica de realimentación

del variador de velocidad para el motor A estará llegando un voltaje de 7V, y considerando que el motor se encuentra girando hacia la derecha según la orden enviada por el PLC (pin 6 en alto=1), la acción que debe tomar el variador de frecuencia del motor A será la de disminuir la velocidad del motor para regresar al estado ideal el sistema de seguimiento equiparando tensión en la tela transportada, para el variador de velocidad del motor B la acción a ejecutar es la de aumentar la velocidad, consiguiendo estabilizar la señal de realimentación. Nuevamente cabe aclarar que todas estas determinaciones de control se deben programar en el variador de velocidad según las indicaciones registradas en el manual de instalación de Siemens para el Micromaster del tipo B. Estas consideraciones y la estrategia de control a implementar es una de tantas formas de lograr el objetivo que es el de mantener la tensión de la tela constante variando la velocidad de los motores principales por medio de un variador de frecuencia.

Figura 94. Movimiento contra horario de los motores.



Hasta este momento se puede decir que se selecciono el variador de frecuencia adecuado para la aplicación, la forma de sensar una variable que me indique el comportamiento del proceso, el tipo de sensor y el acondicionamiento que será necesario para la realimentación del variador de velocidad, así como la acciones a tomar de acuerdo al comportamiento del sistema de seguimiento sobre el aumento o disminución de la velocidad de los motores principales.

Figura 95. Datos para ingresar al variador Micromaster B de siemens.

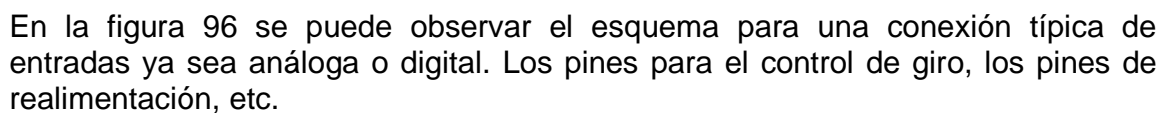


Diagrama de conexión de un motor de CA trifásico de 300-500 V a un controlador de velocidad de un motor de CA monofásico de 230 V. El sistema incluye un convertidor de frecuencia con un display digital, un potenciómetro de velocidad y un selector de dirección de giro. El motor se conecta a través de bornes L1, L2, L3 y un borne de tierra PE.

125

de fricción es , por esta razón hay que compensar la potencia necesaria. y previendo las fluctuación de la red eléctrica, se considerara un factor de seguridad de 2. Quiere decir esto que se necesita un motor con 2,6 HP de potencia o un valor que se acerque a el por lo alto.

Tabla 20. Coeficiente de fricción entre superficies.

Coeficientes de rozamiento de algunas sustancias

Materiales en contacto	Fricción estática	Fricción cinética
Hielo // Hielo	0,1	0,03
Vidrio // Vidrio	0,9	0,4
Vidrio // Madera	0,2	0,25
Madera // Cuero	0,4	0,3
Madera // Piedra	0,7	0,3
Madera // Madera	0,4	0,3
Acero // Acero	0,74	0,57
Acero // Hielo	0,03	0,02
Acero // Latón	0,5	0,4
Acero // Teflón	0,04	0,04
Teflón // Teflón	0,04	0,04
Caucho // Cemento (seco)	1,0	0,8
Caucho // Cemento (húmedo)	0,3	0,25
Cobre // Hierro (fundido)	1,1	0,3
Esquí (encerado) // Nieve (0°C)	0,1	0,05
Articulaciones humanas	0,02	0,003

Utilizando la ayuda informática, Siemens posee una página de internet donde se presta la asistencia para la selección de motores, solo se deben ingresar los datos de los requerimientos más importantes del motor que se busca. En la figura 97 se puede apreciar el formato que se encuentra en la página siguiente: www.telesat.com.co/bin/siemens/prog_avan.php?PHPSESSID=6375fc4957384119c11b2e8f089475b1 - 19k, este formato pide que se ingrese la potencia requerida, cuantas fases tiene el motor, condiciones de trabajo, tensión nominal, frecuencia nominal, temperatura ambiente, entre otras; luego de ingresar estos dato se oprime continuar y arrojo los siguientes resultados mostrados en la tabla 21, de donde se selecciono el motor de mejores prestaciones.

Figura 97. Formato de asistencia para la selección de motores de Siemens.

Ingrese los datos de la carga

Potencia de la Carga kW

Velocidad de la Carga rpm

Inercia de la Carga Kg.m²

Tipo de Carga

Par resistente variable ▼

Tipo de Arranque

Estrella / Triangulo ▼

Tipo de Servicio

Intermitente periódico con inversión de giro ▼

Numero de Arranques, frenados o inversiones por hora

Ingrese los datos del sitio de operacion

Altitud msnm

Temperatura Ambiente °C

Ingrese los datos de la red a la que será conectado el motor

Número de Fases

3 ▼

Frecuencia Nominal

60 ▼

 Hz

Tensión Nominal V

Buscar

Tabla 21. Cuatro opciones de motores mostradas por el asistente.

Tipo	Fases	Frecuencia	Potencia	Velocidad	Voltaje	Ejecución
1LA7 112-6YA80	3	60 Hz	2.23 kW	1200 rpm	220 / 380 / 440 V	B3
1LA7 112-6YA60	3	60 Hz	2.23 kW	1200 rpm	220 / 440 V	B3
1LA7 112-6YA86	3	60 Hz	2.23 kW	1200 rpm	220 / 380 / 440 V	B35
1LA7 112-6YA66	3	60 Hz	2.23 kW	1200 rpm	220 / 440 V	B35

Figura 98. Motor seleccionado y la tabla técnica.

MOTOR 1LA7 112-6YA66



Potencia Nominal	3.00 HP
Potencia Nominal	2.23 kW
Factor de Servicio	1.15
Frecuencia	60 Hz
Voltaje Nominal	220 / 440 V
Intensidad Nominal	11,80 / 5,90 A
Intensidad a Factor de Servicio	12,9/6,45 A
Intensidad de Arranque	4.00 Iarr/In
Número de Fases	3
Velocidad Sincrónica	1200 rpm
Velocidad Nominal	1150 rpm
Factor de Potencia a Carga Nominal	0.69
Eficiencia de Carga Nominal	72.10 %
Torque Nominal	18.58 Nm
Torque de Arranque	1.90 Tarr/Tn
Torque Máximo	2.40 Tmax/Tn
Momento de Inercia	0.01100 kg.m ²
Clase de Aislamiento	F
Tamaño Constructivo	IEC 112M
Grado de Protección Mecánica	IP55
Ejecución	B35
Rodamiento Lado AS	6206-2Z/C3
Rodamiento Lado BS	6205-2Z/C3
Peso	26.70 kg

En la figura 98 se muestra el motor seleccionado entre las opciones que presento el asistente consultado en la pagina mencionada anteriormente, como se puede apreciar este motor ofrece una potencia de 3 HP, suficiente para el requerimiento de este proyecto.

En el Anexo E se encuentran la tabla técnica y las curvas de comportamiento del motor.

12.2.2 Descripción de elementos electrónicos y acondicionamiento. En ésta parte del trabajo se describirá los sensores y actuadores necesarios en este proyecto, porque de la consideración de los mismos y la forma de implementarlos.

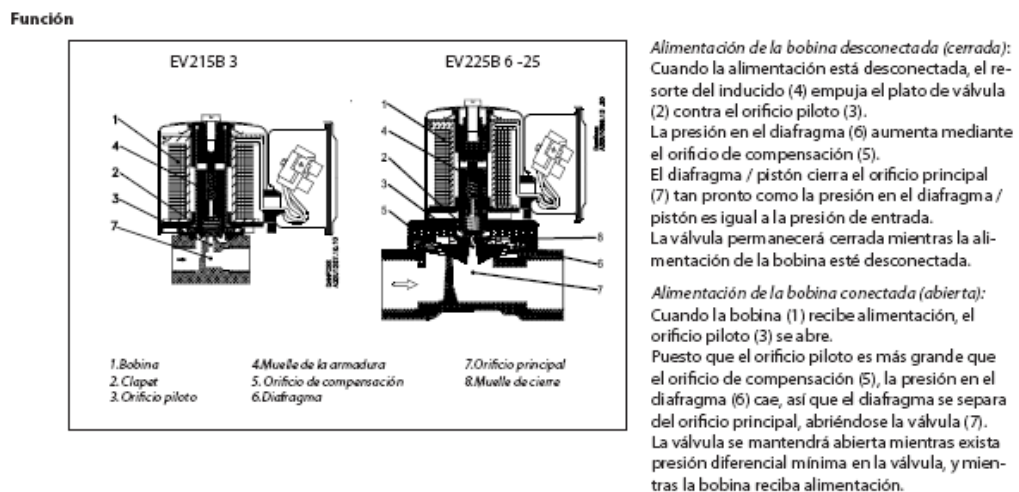
Electro-válvula: Válvula de tipo solenoide accionada por una bobina a tensión 24 VDC. Estas válvulas trabajan de modo ON/OFF, es decir que están abiertas o están cerradas, no tienen control de regulación del flujo, precisa para la aplicación en este proyecto, adecuada para la salida a relé de PLC. Estas electroválvulas se utilizarán para controlar la entrada de agua, vapor y Agentes químicos a la tina, así para dar apertura al conducto de desagüe de los desechos del proceso. En total serán necesarias 4 válvulas de este tipo.

Figura 99. Tipos de electroválvulas de la marca Danfoss.



Las válvulas tipo EV de Danfoss ofrece los servicios necesarios para su uso en este proyecto; pues entre otras especificaciones técnicas se encuentra, temperatura máxima de trabajo hasta 185°C, 25 bar de presión, y se pueden conseguir de 1 o 2 pulgadas de diámetro.

Figura 100. Diagrama interno de una electroválvula.



La figura 100 muestra la distribución interna de sus componentes y da una breve descripción del principio de funcionamiento, este tipo de válvulas se encuentran en

estado normalmente cerrado, es decir que se necesita energizar su entrada para que el solenoide se retraiga dando paso al fluido.

El programa EV215B es una válvula de solenoide de 2/2 vías de activación directa diseñadas para utilizarse en aplicaciones con vapor. El diseño se basa en el concepto habitual de Danfoss para válvulas de alto rendimiento de activación directa, pero con una placa de válvula de PTFE para garantizar un funcionamiento de alta fiabilidad, incluso aunque se utilicen con vapor contaminado. Cuerpo de la válvula de acero inoxidable para garantizar una vida útil prolongada, incluso aunque se utilicen con vapores agresivos. El tipo de bobina BR puede utilizarse en el EV215B.

Figura 101. Imagen de una válvula de ¼ de pulgada.



- **Datos técnicos**

- ❖ 2/2 vías
- ❖ Especialmente diseñada para equipos de vapor
- ❖ Accionamiento directo
- ❖ DN 3
- ❖ G 1/4 pulgadas
- ❖ Cuerpo de la válvula de acero inoxidable
- ❖ Sólo versión NC
- ❖ Conexión roscada ISO 228/1 o NPT (EVSIS 3)

- **Sensor de nivel:** Este elemento se necesario para determinar la cantidad de agua suministrada al interior de la tina, debido a que cada proceso tiene una cantidad de liquido apropiada para que el terminado final de la tela sea en adecuado. En las maquinas que se encuentran en la fábrica de telas elásticas s.a. la cantidad de agua suministrada a las maquinas en cada proceso es de aproximadamente 200 lts. Pero esta cantidad de agua es requerida para procesar una cantidad máxima de tela de 120 kilogramos, como el diseño planteado en este proyecto maneja cantidades de 100 a 300 kilogramos de tela; por este motivo se decidió manejar dos niveles para la cantidad de agua suministrada al tanque. El nivel 1 se ubicara de tal manera que su volumen equivalga a 200 lts de agua, y el nivel 2 se encontrara ubicado de tal manera que sea equivalente

aproximadamente a unos 300 lts de agua, estas cantidades son manejables al interior de la tina, pues cálculos anteriores acerca del volumen total de la tina dice que tiene una capacidad máxima de desborde de 743lts; por consiguiente estos niveles de agua son manejables al interior el tanque.

Para cumplir con el requerimiento de saber cuando el agua a llegado a algún nivel, se opto por implementar sensores de tipo capacitivos, estos sensores cuenta con la característica principal de ser del tipo ON/OFF, es decir se encuentran abiertos o cerrados, además su alimentación es de 24 VDC.

Cuando el nivel del agua llega a alguno de los dos sensores de nivel, estos sensores se cierran enviando una señal digital a la entrada del PLC.

Estas señales se utilizaran para controlar la válvula que permite el ingreso de agua a la tina.

Sensores Capacitivos. Este sensor se basa en medir la variación de capacitancia de un condensador cuando va variando el medio dieléctrico entre sus placas. Con el depósito metálico e introduciendo una sonda metálica sin contacto entre ambos, se forma un condensador, al variar el nivel de líquido varía proporcionalmente la capacidad.

Si el depósito no es metálico se introducen dos sondas. Como en casos anteriores, también se usan como interruptores de nivel.

Su respuesta depende de las características del líquido; que éste sea o no conductor, que sus efectos como la corrosión, puedan alterar la superficie de los electrodos o la presencia en el seno del líquido de burbujas de aire o vapor, que afectarían la constante dieléctrica provocando errores en la medida. Por todo ello, es necesario realizar determinaciones de sus características en el ambiente donde ha de utilizarse.

La capacitancia depende del medio entre la sonda y la pared. Si el aire está presente (tanque vacío), la capacitancia es baja. Tan pronto como el producto toque la punta de prueba, la capacitancia aumenta.

Este cambio en capacitancia se detecta electrónicamente y se convierte a una señal de conmutación cuando la capacitancia se pasa o para cae del límite.

- **Sensor de temperatura tipo PTC 1000:** Este elemento consiste en una barra de un material conducto-resistente, es decir que cambia el valor de su resistencia medida que aumenta la velocidad. El valor nominal de una PTC 1000 es de 1000ohm a 25°C, y a media que aumenta la temperatura reduce 4 ohm por grado, es decir que a 100°C, la PTC debe registrar una resistencia interna

aproximadamente de 700ohm. Esta señal análoga de voltaje es ingresada en el LC y consignada en registro para la utilización de toma de decisiones según la programación interna del PLC. En este proyecto solo será necesario una, esta PTC maneja 4 hilos de señales, estos hilos serán conectados al modulo RTD 231 de Siemens que es un dispositivo apropiado para la recepción de señales provenientes de sensores de temperatura tipo PTC.

Figura 102. PTC 100 del tipo AKS.



AKS 11, AKS 12, AKS 21

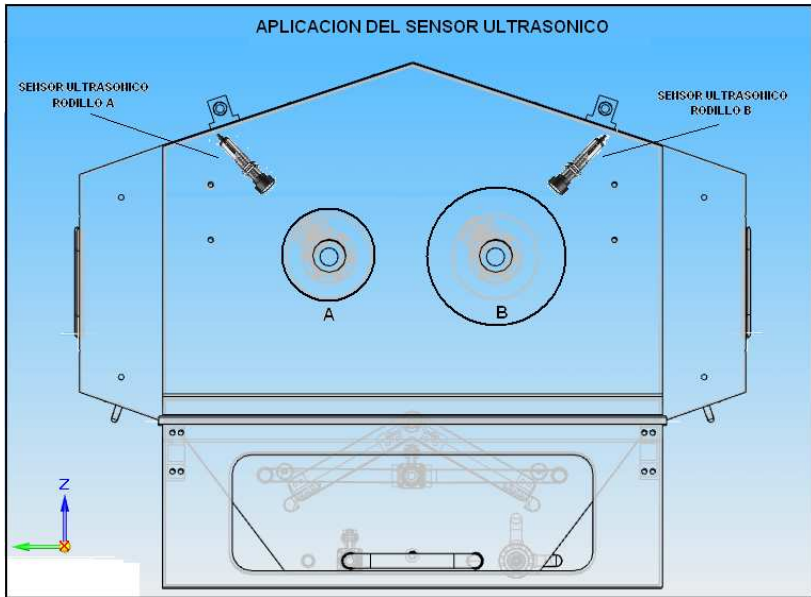
El sensor consiste en un elemento de platino. La resistencia del elemento de platino cambia proporcionalmente con la temperatura. El sensor Pt 1000 ohm (1000 ohm a 0° C). Los sensores están ajustados según los requisitos de la norma DIN IEC 751 clase B. EKS 111El sensor está compuesto por un elemento PTC con una resistencia de 1000 ohm a 25 °C.

Este sensor se utiliza principalmente en combinación con otros controladores tipo EKC 101, EKC 201 y EKC 301.

Los sensores de temperatura son sensores de resistencia dependientes de la temperatura.

- **Sensor ultrasónico:** Sensor que utiliza el método de radar para detectar obstáculos, en este proyecto se utiliza para detectar en qué momento se acaba la tela en alguno de los dos rodillos principales durante su vaivén de un lado a otro, estos sensores entregan señales análogas de 0-10 VDC, el acondicionamiento de este sensor consistiría en ajustarlo de tal manera que a una distancia determinada del rodillo principal y en ausencia de tela me indica una señal que será comparada para que envíe un lógico a la entrada del PLC, es decir, como se necesita solo determinado radio, solo para este radio el sensor indicara que se acabo la tela para ese rodillo y se debe cambiar la dirección de enrollamiento. En la figura 103 se aprecia el lugar donde podría ir instalado el sensor, considerando que el sonar de uno no interfiera con la señal del otro.

Figura 103. Ubicación de los sensores ultrasónicos.



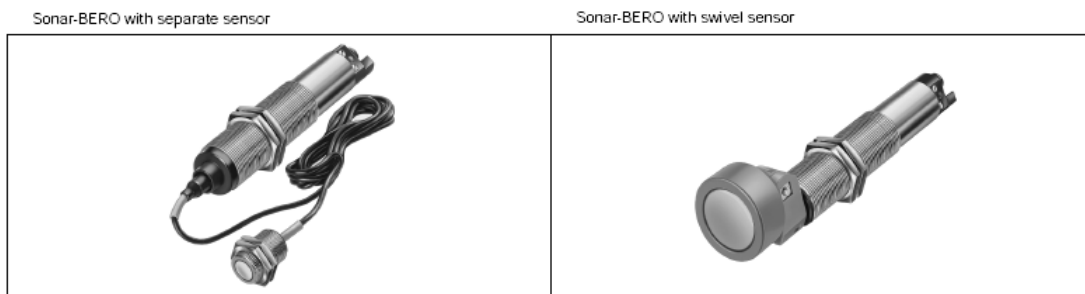
Estos sensores pueden detectar un objetivo en un rango determinado, para la aplicación de este proyecto se implementara el tipo 3RG6 113 donde su rango va desde 20 a 130 cm, según la figura 103 estos sensores estaría ubicados a unos 60 cm de la superficie del rodillo, quiere decir que son los apropiados para este fin. En la tabla 22 se aprecian los datos técnicos relevantes.

Tabla 22. Datos técnicos del sensor ultrasónico.

	Technical data			
Type	3RG61 12	3RG61 13	3RG61 15	3RG61 14
Sensing range	6 to 30 cm	20 to 130 cm	40 to 300 cm	60 to 600 cm
Operating voltage range	from AS-Interface			
Supply current	< 75 mA			
False pulse protection				
Function indication	3 LED, one per switching range			
Standard target	1 cm × 1 cm	2 cm × 2 cm	5 cm × 5 cm	10 cm × 10 cm
Switching frequency (preset)	8 Hz	4 Hz	2 Hz	1 Hz
Differential travel (preset)	10 mm	10 mm	20 mm	60 mm
Resolution	1 mm	1 mm	1 mm	2 mm
Connection	M12-cable plug, see Accessories (e.g. 3RX1 505, 3RX1 502, 3RX1 542, 3RX1 543, 3RX1 512)			

La figura 104 muestra las dos principales presentaciones para este sensor.

Figura 104. Presentaciones de los sensores ultrasónicos.



12.2.3. Lista de componentes electrónicos de control. En la tabla 23 se listan los componentes electrónicos que se utilizan en la máquina, la cantidad necesaria, una corta descripción de su función y si es un componente de entrada/salida analógica/digital.

Tabla 23. Descripción de los elementos electrónicos.

Lista de componentes				
Cant.	Nombre	Tipo	Sensor/ preaccionador	Descripción
4	Electro-válvula	Digital, salida a relé 24 VDC	Sensor resistivo analógico	Estas válvulas manejarán entrada y salida de fluidos al proceso (agua, vapor, químicos, desechos)
2	Sensor de nivel	Tipo capacitivo, 24 VDC de salida.	Sensor capacitivo digital	Para conocer en qué momento se cumple la condición de alguno de los 2 niveles posible
1	Sensor de temperatura	Análogo de 0-10 VDC	Switch	Entregarán una señal equivalente a la temperatura del interior de la tina.
2	Sensor ultrasónico	Análogo 0-10 VDC		Señal análoga que entrara a un comparador para que me entregue un 1 lógico cuando detecte el diámetro de los rodillos principales sea mínima.

13. SISTEMA DE AUTOMATIZACION

En este capítulo se describirán el proceso de teñido en la fábrica de telas elásticas s.a., los elementos seleccionados para la estrategia de control, diagrama de flujo del proceso y el código realizado en el programa Microwin S7 de Siemens para la programación de sus productos.

13.1. ELEMENTOS UTILIZADOS EN LA AUTOMATIZACION

A continuación se nombrar los principales dispositivos seleccionados para la implementación del automatismo del proceso de teñir tela.

Procesadores: PLC Siemens S7-224.

Sensores: sensores de temperatura, sensores de nivel, sensores ultrasónicos (para detectar el diámetro del eje).

Dispositivos de almacenamiento: No se tiene en cuenta en el diseño la consideración de utilizar una memoria externa.

Actuadores: Sistema de potencia (drives) para los motores, relé para manejo de válvulas.

Válvulas: Válvulas para la conducción del vapor, válvula para el ingreso del agua a la tina, válvula para los agentes químicos y válvula para la salida de los residuos del proceso.

Procesadores: PLC Siemens S7-224.

Sensores: sensores de temperatura, sensores de nivel, sensores ultrasónicos (para detectar el diámetro del eje).

Dispositivos de almacenamiento: No se tiene en cuenta en el diseño la consideración de utilizar una memoria externa.

Actuadores: Sistema de potencia (drives) para los motores, relé para manejo de válvulas.

Válvulas: Válvulas para la conducción del vapor, válvula para el ingreso del agua a la tina, válvula para los agentes químicos y válvula para la salida de los residuos del proceso.

13.2. PRINCIPALES ETAPAS DEL PROCESO DE TEÑIDO DE TEXTILES

El procedimiento del Jigger es un procedimiento de baño corto en el que el trozo de género a tratar es cambiado de un rollo de género embobinado sobre un cilindro, a otro, haciendo pasar el trozo de género entre ambos rollos a través de un baño de tratamiento. Todo los procesos habituales en el procedimiento Jigger, como por ejemplo, lavado, blanqueo, teñido y enjuagado resultan tanto más efectivos con cuanta mayor frecuencia se cambia cada vez las tonalidad del tinte contenido en el trozo de género que se introduce en el baño, por otro nuevo.

En la concepción habitual de los Jigger universales para teñir, el trozo de género que se encuentra cada vez en el baño, mide aproximadamente 1,5 metros y la velocidad con la que se mueve, está entre 60 y 120 m/min.

Lavado o descruce: Su finalidad es eliminar las grasas, aceites, colorantes naturales y suciedad que pueda contener la tela.

Este proceso se realiza a presión atmosférica y utiliza detergentes y agentes alcalinos.

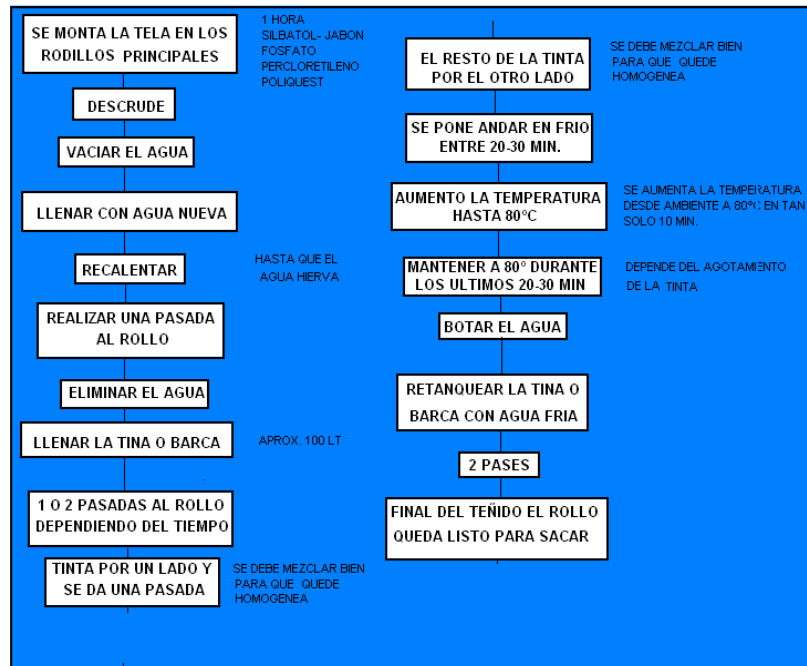
Blanqueo: Se realiza cuando se requiere alto grado de blanco, ya sea para posterior teñido con colores o para blanqueo óptico. Dependiendo del grado de blanco que se requiera el blanqueo puede realizarse con cloro o bien con agua oxigenada.

Teñido: Dependiendo del tipo de tela y la demanda del cliente, el teñido puede ser directo o reactivo para el algodón y disperso para el poliéster. La aplicación del material colorante se realiza en baños con temperatura y presión de tal manera que el colorante sea a fin al textil en presencia o no de agentes químicos auxiliares que ayudan a una mejor calidad del teñido.

Acabado: La etapa de acabado abarca una gran variedad de terminación de textiles y tiene por objeto darle al producto ciertas cualidades deseadas. Existen los acabados húmedos, en seco o tratamientos conjuntos. En el acabado húmedo se efectúa la adición de productos químicos que le dan a la tela cualidades de resistencia (resinas sintéticas), impermeabilidad (silicona), además se agregan retardantes al fuego (compuestos de fósforo), antiparásitos (fluoruro de cromo), etc. Por otra parte en los tratamientos en seco la tela puede ser gastada mecánicamente, cardada, planchada, etc.

13.3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE TEÑIDO EN LA FÁBRICA DE TELAS ELASTICAS S.A.

Figura 105. Diagrama de flujo que representa el proceso de lavado, blanqueado y teñido de la tela que se lleva a cabo en la fábrica de telas elásticas s.a.



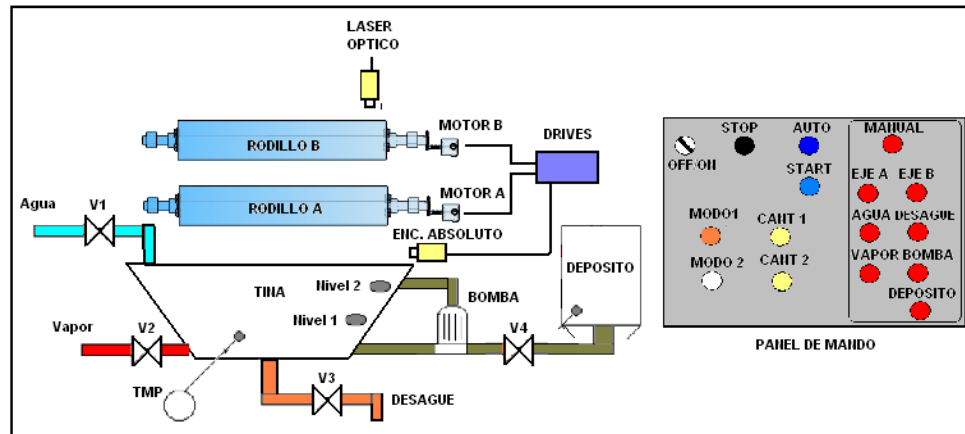
Descrude: nombre que se le da al hecho de extraer los aceites y productos químicos que trae la tela en crudo antes de poder ser teñida.

Recalentar: se refiere al hecho de volver a calentar el agua de la tina aproximadamente entre 80-90°C.

13.4. DESCRIPCION DEL PROYECTO DE AUTOMATIZACION

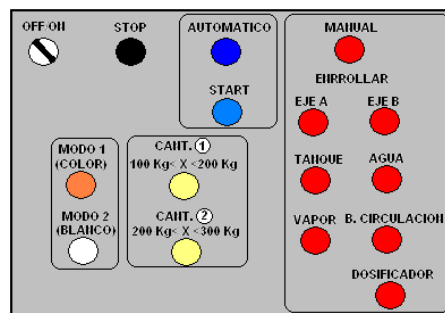
Se pretende realizar la automatización de la máquina de teñir tela del tipo Jigger para que permita teñido de tela de acuerdo a las especificaciones del cliente, y estar a la vanguardia con los competidores que se encuentran en el mercado. La automatización consiste en controlar la tensión de la tela procesada que pasa de un rodillo a otro, controlando la velocidad de los ejes, también se controlara la temperatura interna de la maquina, el llenado y evacuación de agua y agentes químicos, y finalmente el nivel de agua requerida para el proceso. A continuación se representa la distribución de los elementos de la maquina en la figura 106.

Figura 106. Esquema del proceso.



A continuación se presentara el diseño del tablero de control de la maquina. En él se aprecia que cuenta con los dos modos de teñido (blanco y a color), las diferentes cantidades de producción, modo automático o manual, así como los distintos accionamientos individuales que manejan las variables a controlar.

Figura 107. Esquema del tablero de control.



La figura 107 muestra como el panel de control presenta la posibilidad de trabajar de forma automática o de forma manual el proceso de teñido. También se observa los botones de acción para determinar el tipo de modo de teñido, si se va a teñir a blanco o algún color en específico, debido a que estos dos productos tienen un flujo de proceso diferente. Además el panel de control cuenta con la opción de elegir dos diferentes cantidades de tela en producción.

13.5. DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRODUCCION DE TELA A COLOR

En Fabrica de Telas Elásticas S.A. tiene la experiencia y capacidad para producir prácticamente cualquier color que desee el cliente; pero el proceso de

teñir tela blanca es muy diferente a teñir tela de cualquier tipo de color, esto debido a que se deben utilizar otros tiempos, también diferentes temperaturas y claramente los químicos utilizados. Los pedidos de tela de color blanca se aproxima a un 10 o 15% de los pedidos totales, por esa razón solo son utilizadas dos maquinas de un total de 10 que posee la empresa para teñir las telas, e inclusive entre 2 y 3 días a la semana; en cambio los pedidos de tela a color abarca el mayor porcentaje y por consiguiente mas maquinas, mas horas de trabajo y mas operarios. Por estos motivos planteados se hace referencia al algoritmo principal de control, refiriéndose al diagrama de flujo propuesto para medir y controlar el proceso de teñir tela a color.

Se aplicara el método Grafcet para representar el flujo, las condiciones que se deben cumplir para pasar de estado, así también como las acciones a realizar dependiendo del estado en que se encuentre del proceso.

Como se planteo anteriormente, se utilizara un PLC Siemens como cerebro de la máquina, por consiguiente y luego de tener el Grafcet del proceso terminado, se plasmara en un programa estructurado con la ayuda de Microwin Step S7, software de propiedad de Siemens para la programación de los PLC.

13.6. COMPONENTES

- Se dispone de una tina: Esta tina cuenta con tres sensores, dos de ellos capacitivos, uno de nivel 1 (normalmente cerrado) y otro de nivel 2, y un tercero de temperatura de tipo resistivo (Pt1000) que cuyo transmisor envía una señal analógica entre 4-20 mV proporcional a la temperatura en el interior de la tina (-50 a 150^oc). Asimismo consta de tres electroválvulas monoestables: v1 permite realizar el llenado, v2 introduce el vapor de calentamiento y v3 permite el vaciado de residuos.
- Tanque de agentes químicos: este incorpora una electroválvula monoestable v4, que permite la aportación de los agentes químicos a la tina por medio de una bomba accionada por un motor eléctrico con dos señales de retorno (contactor y defecto).
- Un par de ejes accionados por dos motores eléctricos trifásicos controlados por un variador de frecuencia que utiliza señal de referencia la señal análoga entregada por un encoder absoluto, el encoder ira acondicionado en el eje del sistema de seguimiento y tensión de la tela, para que cuando pase de un límite en algunos de los dos sentidos, esta señal sea utilizada para corregir la velocidad del motor que mueve alguno de los dos ejes. A continuación se presenta en la figura como está pensado el acondicionamiento mecánico del encoder.

- El panel de mando, formado por: Los pulsadores Manual, Automático, Start, Stop, Modo 1, Modo 2, Cant 1, Cant 2, Eje A, Eje B, Agua, Vapor, Desagüe, Bomba y Deposito. Un Switch de encendido universal (off/on). Las lámparas LMAN, LAUT, Overload, para la supervisión visual del sistema.

13.7. FUNCIONAMIENTO

A continuación se describirá cada una de las etapas que se deben de tener en consideración para poder determinar los elementos a utilizar en el control del proceso, como son pulsadores, sensores y actuadores entre otros.

13.7.1. Carga de la tela. En el modo manual se comienza por montar uno a uno los rollos de tela sobre el Rodillo principal A, que será siempre el lado por donde se cargara y desmontara la tela. Finalizada la carga, una pequeña longitud de tela se acomoda de tal manera que quede ubicada en el Rodillo principal B; se ajusta la puerta y se da inicio al modo automático.

13.7.2. Paso modo manual-automático. El paso de modo de manual a automático y su funcionamiento depende de que se cumplan las condiciones iniciales (sistema en modo manual abierto, válvulas 1, 2, 3 y 4 cerradas, sensores de nivel abiertos).

El paso de automático a manual se puede realizar con el pulsador manual o ya sea porque se produzca algún error.

13.7.3. El proceso de teñido para el modo automático comienza así:

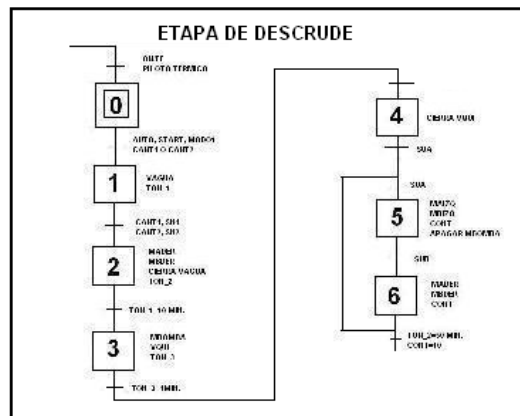
Etapas de descrude

Los sensores de nivel 1 o nivel 2 activos, la válvula de agua v1 abierta, todas las demás válvulas cerradas.

- Cuando se alcanza el nivel del liquido seleccionado se cierra la válvula de agua V1, el sensor óptico me determina que rodillo esta vacio y para ese lado se dirige la tela a enrollarse.
- A los 10 minutos de haber comenzado el proceso se activa la bomba y se abre la válvula del depósito v4 durante un tiempo.

- 50 minutos después y luego que algún sensor óptico detecte ausencia de tela se paran los motores de los ejes principales.
- Se abre la válvula de desagüe 3 durante un tiempo suficiente para evacuar el agua de la tina.

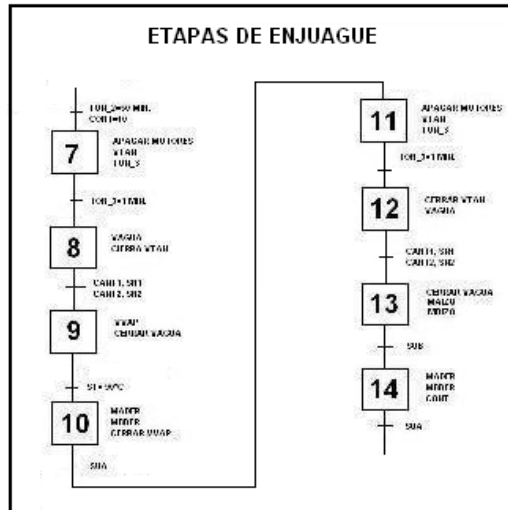
Figura 108. Etapa de enjuague



- Se cierra la válvula de desagüe y se abre de nuevo la válvula del agua hasta alcanzar el nivel de agua seleccionado.
- Se calienta el agua hasta el punto de comparación abriendo la válvula de vapor v2.
- Una vez que el sensor de temperatura TMP detecta un valor analógico similar al de comparación se cierra la válvula de vapor v2.
- Se accionan nuevamente los motores A y B.
- Apenas el sensor óptico laser ubicado por encima de los rodillos detecta que a terminado la tela para ese rodillo se paran los motores de nuevo.
- Se abre la válvula de desagüe v3 durante un tiempo considerable.
- Cumplido el tiempo se cierra de nuevo la válvula de desagüe y se abre la válvula de agua.
- Cuando el sensor de nivel seleccionado se activa se cierra de nuevo la válvula del agua v1, y se da inicio de nuevo a los motores de los rodillos para que enrollen la tela en el rodillo que no contenía.

- cuando el sensor óptico laser detecta ausencia de tela para los motores y abre la válvula de desagüe v3 durante un tiempo determinado.

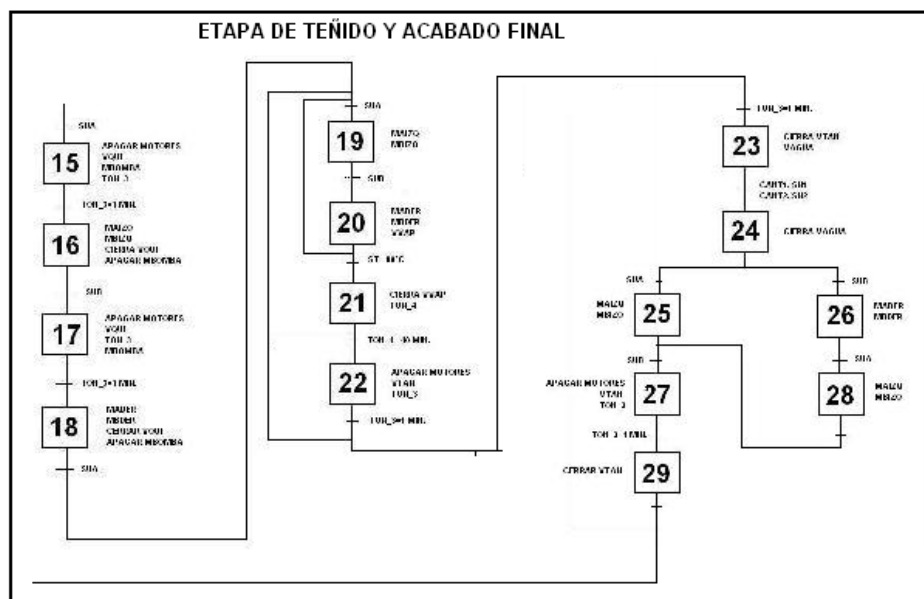
Figura 109. Etapa de fijación del tinte



- Una vez cumplido el tiempo se cierra la válvula de desagüe y se abre la válvula de agua v1.
- Cuando el sensor de nivel detecta el nivel seleccionado cierra la válvula de agua y activa la bomba y abre la válvula de agentes químicos v4 durante un tiempo determinado.
- Una vez cumplido el tiempo de recirculación se detiene la bomba y se cierra la válvula 4. Inmediatamente se activan los motores.
- Pasado 20 minutos y algún sensor óptico detecta ausencia de tela se detienen los motores.
- Se activa la bomba y se abre la válvula 4 para que circule la tinta durante un tiempo determinado.
- Una vez cumplido este tiempo se detiene la bomba y se cierra la válvula 4.
- Se encienden los motores dirigiéndose al lado en donde no se encuentra tela.
- Cuando el sensor óptico detecta ausencia de tela se apagan los motores.

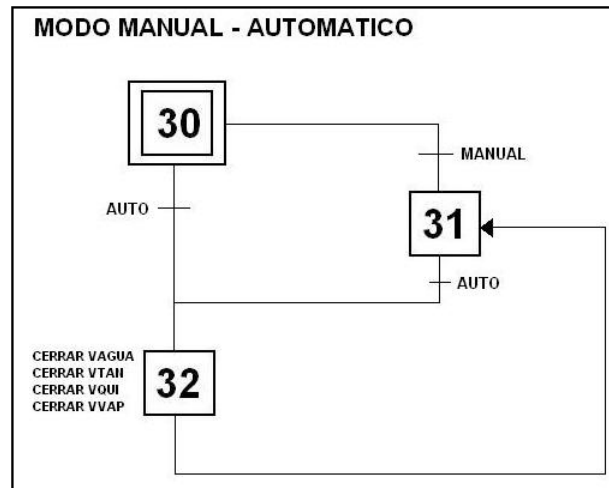
- Se enciende la bomba y se abre la válvula 4 durante un tiempo determinado.
- Finalizado el tiempo se encienden de nuevo los motores dirigiéndose en el sentido en donde no se encuentra tela.
- Luego de 30 minutos se calienta el agua abriendo la válvula de vapor v2.
- Cuando el sensor de temperatura registra aproximadamente 80^oc se cierra la válvula de vapor v2.
- Pasado 30 minutos y el sensor óptico laser detecta ausencia de tela en algún rodillo se detienen los motores.
- Se elimina el agua abriendo la válvula de desagüe v3 durante un tiempo determinado.
- Cumplido el tiempo se cierra la válvula v3 y se abre la válvula del agua v1 para el retanqueo de la tina con agua fresca.
- Cuando el sensor de nivel detecta el nivel seleccionado se cierra la válvula del agua v1, y se accionan los motores de los rodillos.
- Transcurrido 20 minutos y algún sensor óptico detecta ausencia de de tela se detienen los motores.

Figura 110. Etapa de teñido y acabado final.



13.7.4. Paso de modo Automático a Manual. Para poder retirar la tela de la maquina cuando finalmente ha sido teñida se debe pasar al modo manual oprimiendo el pulsador Manual, y seguidamente el pulsador Eje A, debido a que es en la dirección de este eje por donde se retirara la tela.

Figura 111. Etapa de modo manual-automático



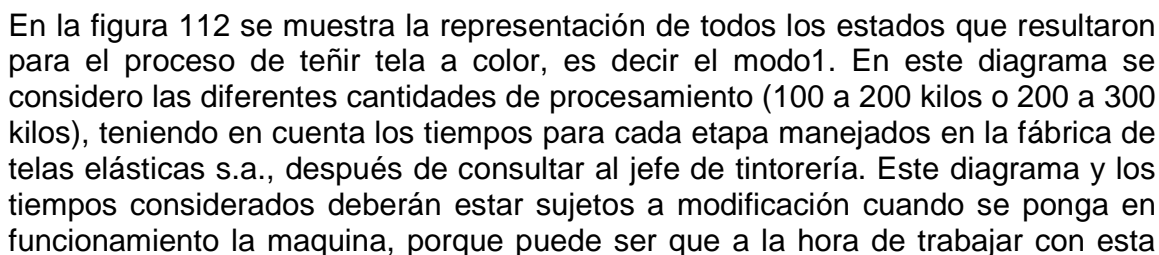
13.8. GESTION DE ALARMAS

Se considero tres principales hechos de alarmas para este proyecto, es claro que si por alguna disposición del cliente desea agregar más seguridad, es posible ampliar la cantidad de alarmas visuales o sonoras en este proyecto.

Las situaciones en las que se debe producir una alarma en el sistema son:

- **Sobrecalentamiento.** Si estando en el modo automático el sensor de temperatura (TPM) detecta un valor por encima de los 100°C debe pasar a modo Manual, cerrar la válvula de vapor v2 y encender el piloto de sobrecalentamiento PSC.
- **Sobre carga de los motores trifasicos de accionamiento de los ejes principales.** Puede suceder por aumento de la corriente de consumo debido a excesos de carga que exigen del motor más potencia y por consiguiente más corriente. Se activa el piloto de overload y se el sistema pasa a modo manual.
- **Defecto en la bomba.** Debido a que no se reciba la señal de retorno del contactor cuando está activado o porque se produzca un defecto de funcionamiento. El piloto PB debe lucir con frecuencia 2 Hz.

Figura 112. Representación de todos los estados para el modo1 de teñido a color.



máquina los químicos utilizados en el proceso se hayan cambiado, o que la concentración de las cantidades deban ser cambiadas para estos volúmenes de tela y por consiguiente los tiempos para cada etapa también deban ser modificados.

Solo se realizo este diagrama a modo de graficet para realizar una estrategia de control, que posiblemente esté muy aproximada a la que se utilizara definitivamente, porque es claro que con los elementos eléctrico, electrónicos y de control seleccionados y mencionados anteriormente es suficiente para cumplir con la necesidades del cliente y estar a la par con otras maquinas de este tipo y de una versión superior al año 200. Cumpliendo con todas las expectativas planteadas desde el inicio del proyecto.

13.9. SELECCIÓN DEL AUTOMATA PROGRAMABLE

En la tabla 24 se listan todos los componentes considerados para la implementación en este proyecto.

Tabla 24. Lista de componentes de control y automatización del proyecto.

Lista de componentes				
Cant.	Tipo E/S-A/D	Nombre	Sensor/ preaccionador	Descripción
1	Entrada analógica de 0-10 Vcc.	Sensores de temperatura	Sensor resistivo analógico	Para conocer la temperatura real dentro de la carcasa
2	Entrada digital 24 Vcc.	Sensores de nivel	Sensor capacitivo digital	Para conocer en qué momento se cumple la condición de alguno de los 2 niveles posible
1	Entrada digital 24 Vcc.	Encendido universal	Switch	Encender la máquina
1	Entrada digital 24 Vcc.	Start	pulsador	Inicio del proceso
1	Entrada digital 24 Vcc.	Paro general	pulsador	Para la máquina con enclavamiento

				eléctrico
1	Entrada digital 24 Vcc.	Automático	pulsador	Proceso automático
1	Entrada digital 24 Vcc.	Manual	pulsador	Para poder ingresar ordenes por el operario desde el tablero de control
1	Entrada digital 24 Vcc.	Enrollar eje A	pulsador	Enrollar eje A
1	Entrada digital 24 Vcc.	Enrollar eje B	pulsador	Enrollar eje B
1	Entrada digital 24 Vcc.	Desagüe	pulsador	Evacua las sustancias químicas
1	Entrada digital 24 Vcc.	Agua	pulsador	Introducción del agua a la tina
1	Entrada digital 24 Vcc.	vapor	pulsador	Ingreso del vapor al recinto
1	Entrada digital 24 Vcc.	Bomba de circulación	pulsador	Activa sistema de circulación
1	Entrada digital 24 Vcc.	Deposito	pulsador	Da paso a los agentes químicos
	Entrada digital 24 Vcc.	Cant 1	pulsador	Indica al sistema la cantidad a procesar (100-200 kilos)
	Entrada digital 24 Vcc.	Cant 2	pulsador	Indica al sistema la cantidad a procesar (200-300 kilos)
	Entrada digital 24 Vcc.	Modo 1	pulsador	Indica al sistema que se va a teñir a color
	Entrada digital	Modo 2	pulsador	Indica al

	24 Vcc.			sistema que se va a teñir a blanco
2	Entrada digital 24 Vcc.	Sensor óptico	Sensor digital	Detecta cuando en los ejes principales no se encuentra tela.
1	Entrada digital 24 Vcc.	Overload motores		Anuncia problemas en los motores
1	Entrada digital 24 Vcc.	Protección térmica		Protección contra subidas en la corriente de la red.
4	Salida digital 24 Vcc. 0.5 A	Drives motores principales		Salida a los actuadores de potencia V.V.
1	Salida digital 24 Vcc. 0.5 A	Relé V. agua	electroválvula	Energiza la válvula del agua para que de paso
1	Salida digital 24 Vcc. 0.5 A	Relé V. vapor	electroválvula	Energiza la válvula del vapor para que de paso
1	Salida digital 24 Vcc. 0.5 A	Relé tanque deposito	electroválvula	Energiza la válvula del tanque para que de paso a los agentes químicos
1	Salida digital 24 Vcc.	Relé de desagüe	electroválvula	Energiza válvula de desagüe para eliminar desechos.
1	Salida digital 24 Vcc. 0.5 A	Bomba circulación	contactor	Mantendrá homogénea la solución dentro de la tina

3	Salida digital 24 Vcc. 0.5 A	Pilotos	Anuncio visual sobre inicio del proceso, modo manual problemas eléctricos o problemas hidráulicos
1	Puerto de comunicaciones		profibus
			Para la comunicación con el drive de los motores

13.10. CONFIGURACION DEL PLC NECESARIO

De la columna “Tipo de entra/salida” de la tabla 24, resulta la configuración del PLC siguiente:

- Entradas, salidas y puertos de comunicaciones necesarios:
- 22entradas digitales de 24 Vcc.
- 1 entrada analógica de 0-10 V.
- 10 salidas digitales de 24 Vcc, 0,5 A.
- 1 puerto de comunicaciones serie asíncrono.

Si se toman como referencia los autómatas programables de la serie SIMATIC S7 de SIEMENS, y en concreto el S7-224 que dispone al menos de la siguiente periferia integrada:

- 16 entradas digitales, 24 Vcc
- 10 salidas digitales, 24 Vcc 0,5 A
- 1 puerto de comunicación serie para programación y entrada/salida de datos

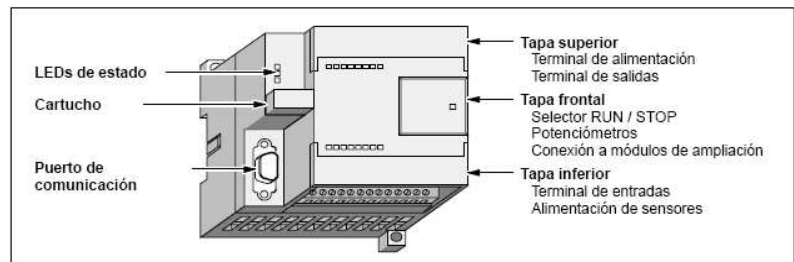
Para el resto de entradas y salidas se utiliza un modulo RTD (2 entradas análogas) y un modulo 221 (8 entradas digitales), para completar los requerimientos de la aplicación en este proyecto.

Podemos comprobar que este equipo cumple perfectamente las especificaciones impuestas por el sistema de control a implementar.

Tabla 25. Especificaciones para el Simatic S7- 224.

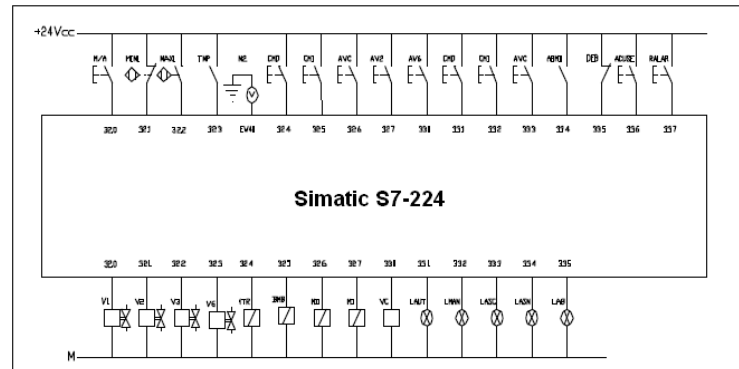
Función	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 226
Tamaño físico	90 mm x 80 mm x 62 mm	90 mm x 80 mm x 62 mm	120,5 mm x 80 mm x 62 mm	190 mm x 80 mm x 62 mm
Memoria				
Programa	2048 palabras	2048 palabras	4096 palabras	4096 palabras
Datos de usuario	1024 palabras	1024 palabras	2560 palabras	2560 palabras
Memoria para el programa de usuario	EEPROM	EEPROM	EEPROM	EEPROM
Respaldo (condensador de alto rendimiento)	50 horas (típ.)	50 horas (típ.)	190 horas (típ.)	190 horas (típ.)
E/S físicas				
E/S físicas	6 E / 4 S	8 E / 6 S	14 E / 10 S	24 E / 16 S
Número de módulos de ampliación	Ninguno	2 módulos	7 módulos	7 módulos
E/S (total)				
Tamaño de la imagen de E/S digitales	256 (128 E / 128 S)	256 (128 E / 128 S)	256 (128 E / 128 S)	256 (128 E / 128 S)
Tamaño de la imagen de E/S analógicas	Ninguno	16 E / 16 S	32 E / 32 S	32 E / 32 S
La cantidad real de E/S que se puede contar con las CPUs se puede ver limitada por el tamaño de la imagen del proceso, la cantidad de módulos de ampliación, la corriente de 5 V y la cantidad de E/S físicas de cada componente.(v. apt. 1.3).				

Figura 113. Dibujo de la CPU S7-224.



En la figura 114 se representan las entradas y salidas al autómata SIMATIC S7-224 elegido, así como el direccionamiento.

Figura 114. Esquema de conexiones al PLC



13.11. ESTRUCTURA DE PROGRAMACION

En los autómatas programables SIMATIC S7 un programa de mando puede ser lineal o estructurado.

13.11.1. Programación lineal. Para procesar tareas simples de automatización basta con programar las diferentes instrucciones en el módulo de organización OB1. Este módulo se procesa cíclicamente.

13.11.2. Programación estructurada. Es aquella que divide la tarea a programar en módulos, que corresponden a tratamientos parciales, y que son llamados durante el escrutinio desde el programa raíz OB1. En la tabla se muestran los diferentes tipos de módulos, así como las características de cada uno de ellos, para el SIMATIC S7-224 elegido para la realización del automatismo.

Tabla 26. Datos técnicos más relevantes para la CPU S7-224.

Función	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 226
Operaciones				
Velocidad de ejecución booleana a 33 MHz	0,37 µs/operación	0,37 µs/operación	0,37 µs/operación	0,37 µs/operación
Imagen del proceso de las E/S	128 E / 128 S	128 E / 128 S	128 E / 128 S	128 E / 128 S
Relés internos	256	256	256	256
Contadores/temporizadores	256/256	256/256	256/256	256/256
Palabra IN / palabra OUT	Ninguno	16/16	32/32	32/32
Relés de control secuencial	256	256	256	256
Bucles FOR/NEXT	Sí	Sí	Sí	Sí
Aritmética en coma fija (+ - * /)	Sí	Sí	Sí	Sí
Aritmética en coma flotante (+ - * /)	Sí	Sí	Sí	Sí

13.12. EI GRAFCET

El GRAFCET (gráfico de mando etapa transición) es un diagrama funcional, es decir una representación gráfica de las secuencias a efectuar por el controlador. Para la representación de las secuencias de control mediante el GRAFCET se parte de la base de considerar el sistema descompuesto en una parte operativa y en una parte de mando, que se relacionan entre sí mediante órdenes e informaciones.

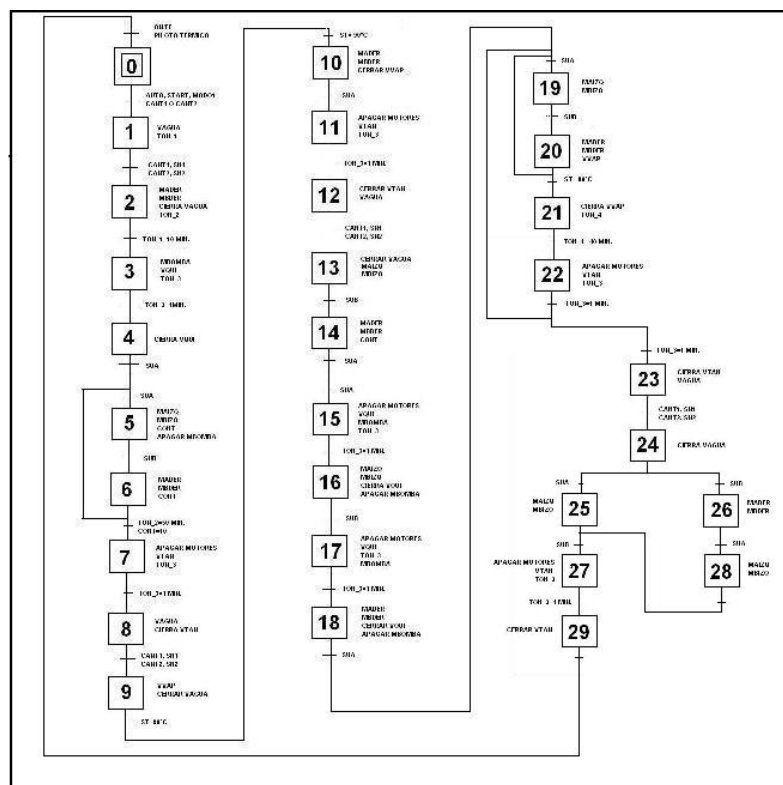
El GRAFCET se compone de:

- ETAPAS o ESTADOS a las que van asociadas ACCIONES.

- TRANSICIONES a las que van asociadas RECEPTIVIDADES.
- UNIONES ORIENTADAS que unen las ETAPAS a las RECEPTIVIDADES y las
- TRANSICIONES a las ETAPAS.

A continuación se muestra en la figura 115 el diagrama de grafcet de todo el proceso de teñir tela en el modo 1 (teñido a color)

Figura 115. Diagrama de estados para el proceso de teñir tela en el modo 1.



13.12.1. Nombre de las entradas y salidas con su respectiva dirección en el PLC. En la tabla 27 se listan todas las entradas y salidas ingresadas en el programa Microwin utilizado para la programación del S7-224.

Tabla 27. Lista de entradas, salidas, memorias, temporizadores, etc.

SIMBOLO	DIRECCION	COMENTARIO
ENTRADAS	N	SON LAS ENTRADAS QUE SE
DESDE		ENCUESTRAN EN EL PANEL DE
PANEL		CONTROL
DE		
CONTROL		

ENC	I0.0	ENCENDIDO UNIVERSAL
PARO	I0.1	BOTON DE PARADA
AUTO	I0.2	BOTON DE MODO AUTOMATICO
START	I0.3	BOTON DE INICIO DEL PROCESO
MAN	I0.4	BOTON DE MODO MANUAL
SENTA	I0.5	BOTON DE GIRO A LA IZQUIERDA
SENTB	I0.6	BOTON DE GIRO A LA DERECHA
TANQUE	I0.7	BOTON DE ABRIR VALVULA DE DESAGUE
AGUA	I1.0	BOTON PARA INGRESO DEL AGUA
VAP	I1.1	BOTON PARA INGRESO DEL VAPOR
QUI	I1.2	BOTON PARA INGRESO DE AGENTES QUIMICOS
MBOMBA	I1.3	ENCENDIDO DE LA MOTOBOMBA
MODO1	I1.4	MODO TEÑIDO A COLOR
MODO2	I1.5	MODO TEÑIDO BLANCO
CANT1	I1.6	CANTIDAD DE TELA 100<X<200 KILOS TELA
CANT2	I1.7	CANTIDAD DE TELA 200<X<300 KILOS TELA
SEÑALES DE SENSORES		
SN1	I2.0	SENSOR DE NIVEL 1
SN2	I2.1	SENSOR DE NIVEL 2
SUA	I2.2	SENSOR ULTRASONICO RODILLO A
SUB	I2.3	SENSOR ULTRASONICO RODILLO B
ST	AIW0	SENSOR TEMPERATURA
RM	I2.5	RELE TERMICO MOTORES
SALIDAS A ACTUADORES		
VAGUA	Q0.0	ABRE VALVULA DE AGUA
VVAP	Q0.1	ABRE VALVULA DEL VAPOR
VQUI	Q0.2	ABRE VALVULA DE AGENTES QUIMICOS
VTAN	Q0.3	ABRE VALVULA DE DESAGUE
EMBOMBA	Q0.4	ENCIENDE MOTOBOMBA
MADER	Q0.5	ACTIVA EL MOTOR A EN SENTIDO HORARIO
MBDER	Q0.6	ACTIVA EL MOTOR B EN SENTIDO HORARIO
MAIZQ	Q0.7	ACTIVA EL MOTOR A EN SENTIDO ANTI-HORARIO
MBIZQ	Q2.0	ACTIVA EL MOTOR B EN SENTIDO ANTI-HORARIO

SALIDAS	A	
PILOTOS		
PE	Q2.1	PILOTO DE ENCENDIDO DE LA MAQUINA
PP	Q2.2	PILOTO INICIO DEL PROCESO DE LA MAQUINA
PM	Q2.3	PILOTO TERMICO DE LOS MOTORES
ETAPAS		
ESTADOS		
MEMORIAS		
ETAPA0	M0.0	MEMORIA EVALUACION DE LAS CONDICIONES INICIALES
ETAPA1	M0.1	ETAPA DE INICIO DEL DESCRUDE DE LA TELA
ETAPA2	M0.2	
ETAPA3	M0.3	
ETAPA4	M0.4	
ETAPA5	M0.5	
ETAPA6	M0.6	
ETAPA7	M0.7	ETAPA DE INICIO DEL ENJUAGUE DE LA TELA
ETAPA8	M1.0	
ETAPA9	M1.1	
ETAPA10	M1.2	
ETAPA11	M1.3	
ETAPA12	M1.4	
ETAPA13	M1.5	
ETAPA14	M1.6	
ETAPA15	M1.7	ETAPA DE INICIO DEL TEÑIDO Y ACABADO FINAL
ETAPA16	M2.0	
ETAPA17	M2.1	
ETAPA18	M2.2	
ETAPA19	M2.3	
ETAPA20	M2.4	
ETAPA21	M2.5	
ETAPA22	M2.6	
ETAPA23	M2.7	
ETAPA24	M3.0	
ETAPA25	M3.1	
ETAPA26	M3.2	
ETAPA27	M3.3	
ETAPA28	M3.4	
ETAPA29	M3.5	

ETAPAS MANUAL- AUTOMATICO		
ETAPA30	M3.6	MEMORIA DE INICIO DEL CONTROL
ETAPA31	M3.7	MEMORIA DEL MODO MANUAL
ETAPA32	M4.0	MEMORIA DE CONDICIONES INICIALES
ETAPAS DE CONTROL		
TON_1	T37	TEMPORIZA ARRANQUE 1 MOTOBOMA
TON_2	T38	TEMPORIZA ETAPA DE DESCRUDE
TON_3	T39	TEMPORIZA TIEMPO VALVULA AGUA,TANQUE,QUIMICOS
TON_4	T40	TEMPORIZA ETAPA DE TEÑIDO
CONT□	SM37.3□	CUENTA LOS CAMBIOS DE SENTIDO□

13.12.2. Código de programación. A continuación se presenta el código realizado en el programa Microwin de Siemens para la programación de PLC.

Etapa 0, es la inicialización de la maquina, el estado que evalúa las condiciones iniciales del sistema para dar comienzo al proceso.

La Etapa1 es el inicio del proceso de descrude de la tela a color en el modo Automático.

Evalúa las entradas según el panel de control acerca de las cantidades y los niveles de agua ingresados a la tina.

En esta Etapa3 se prende la motobomba y abre la válvula de agentes químicos.

La Etapa4 cierra válvula de agentes químicos.

La Etapa5 da orden de prender los motores principales, estos motores comienzan en sentido horario, es decir que la tela pasa del rodillo A al rodillo B.

En la Etapa6 se dio la orden de invertir el giro, ahora la tela pasa del rodillo B al rodillo A.

En la Etapa7 se da inicio al enjuague de la tela, que consiste en eliminar los residuos que vienen del descrude, retanquear la tina, y luego recalentar el agua volviendo a pasar la tela por el agua a unos 90°C de temperatura, luego se elimina de nuevo el agua.

En la Etapa8 se cierra la válvula de desagüe y se abre la válvula de agua.

En la Etapa9 se cierra la válvula de agua y se abre la válvula de vapor.

En esta Etapa10 se da una pasada a la tela de un rodillo a otro, luego de que el agua a alcanzado aproximadamente 90°C.

En la Etapa11 se da la orden de parar los motores principales y se abre la válvula de desagüe.

Luego de haber completado un tiempo determinado en la Etapa12 se cierra la válvula de desagüe y se abre la válvula de agua.

En la Etapa13 se da inicio a los motores nuevamente luego de haber cumplido las condiciones de llenado de la tina, y se da la orden de cerrar la válvula del agua.

En la Etapa14 los motores cambian de sentido de giro luego que el sensor ultrasónico detecta que en el rodillo B se acabo la tela.

En la Etapa15 se para los motores luego de acabar la tela en el rodillo A, se abre válvula de agentes químicos, se prende la motobomba y se inicial el temporizador, que determina el tiempo que estará la motobomba circulando los agentes químicos desde el tanque de productos químicos al interior de la tina. Con el ingreso de los agentes químicos (tinta) producida en esta etapa, se da inicio a la etapa de teñido o acabado final, donde la tela recibirá los químicos que le proporcionaran un cambio en el aspecto físico e inclusive las propiedades mecánicas ya no serán las misma que cuando la tela entro a proceso.

En la Etapa16 se apaga la motobomba cumplido un tiempo determinado, considerado suficiente para que el tinte quede homogéneo en toda el agua contenida en la tina. Se cierra la válvula del tanque de agentes químicos. Se prenden los motores con sentido de giro a la izquierda.

En la Etapa17 y luego de haber realizado una pasada a la tela por la tina de agua con el tinte, se detienen los motores para realizar nuevamente las acciones de la Etapa16, que son abrir válvula del tanque de agentes químicos, prender la motobomba, y activar el temporizador de apagado de la motobomba.

Luego de haber cumplido el tiempo de circulación del tinte nuevo dentro de la tina, se activa la Etapa18 con la puesta en marcha de los motores principales en sentido horario. Además en esta etapa se cierra la válvula de agentes químicos y se apaga la motobomba.

En la Etapa19 se da la orden de cambio de giro a los motores luego de que el sensor ultrasónico detectara ausencia de tela en el rodillo A.

En la Etapa20 los motores nuevamente cambian de sentido de giro, ahora se dirige la tela para ser enrollada en el rodillo B. Simultáneamente se abre la válvula de vapor, hasta este momento han transcurrido aproximadamente 25 minutos desde que se dio inicio a la etapa de teñido o acabado final; según el proceso de teñido llevado a cabo en la fábrica de telas elásticas s.a., en este momento del proceso se debe incrementar paulatinamente la temperatura del agua, hasta alcanzar unos 80°C de temperatura.

Cuando se ha alcanzado la temperatura de 80°C se activa la Etapa21 indicando que se cierre la válvula de vapor e iniciando el temporizador TON_4; el temporizador TON_4 está programado para activarse al cumplirse 40 minutos, tiempo suficiente para que la tela agote la tinta contenida al interior de la tina y consiga así el acabado final esperado.

La Etapa22 se activa cuando la condición de tiempo (TON_4=40 min) se cumple, en esta etapa se detienen los motores, se abre la válvula de desagüe y se activa el temporizador del tiempo de desagüe.

Luego de cumplida la condición de tiempo (TON_3=1 min) se activa la Etapa23, que inmediatamente cierra la válvula de desagüe y abre la válvula de ingreso del agua.

Cuando el sensor de nivel se activa de acuerdo a la cantidad seleccionada se activa la Etapa24 que cierra la válvula del agua.

Cuando se encuentre en Etapa25 toda la cantidad de tela debe estar completamente enrollada en algún rodillo principal, si se activa esta etapa, es porque el sensor ultrasónico detecta ausencia de tela sobre el rodillo A, por consiguiente se pone en marcha los motores en sentido contra horario.

La Etapa26 se activa solo si el sensor ultrasónico detecta ausencia de tela en el rodillo B, y pone en marcha los motores en sentido horario.

La Etapa27 es la continuación de la Etapa25 y lo que hace es cambiar el sentido a los motores cuando se acabe la tela montada en el rodillo B.

La Etapa 28 es la finalización de la etapa de teñido o acabado final de la tela procesada, en esta etapa se apagan los motores y se considera que la tela a quedado enrollada en su totalidad en el rodillo A, que es el lado por donde se ingresa y se saca la tela; el poner la tela sobre este eje se logra por medio de la estrategia de control implementada en este proyecto.

Simultáneamente con la detención de los motores se activa el temporizador TON_3 que otorga un minuto al operario para que detenga el proceso si es el caso, o tome alguna otra acción correctiva antes de que la válvula de desagüe sea abierta.

En la fábrica de telas elásticas s.a. sucede con frecuencia que luego de cumplir todo lo estimado para el teñido de la tela, se deba tomar una muestra de 10x10 cm, de la tela en producción y llevarla al laboratorio para compararla con el color que tienen de referencia según el tono que el cliente pidió. En ocasiones el jefe de tintorería determina que se debe pasar la tela 1 o dos veces más de un lado a otro; como en otras ocasiones hay que preparar mas formula de tintura para agregar nuevamente al agua de la tina, por estas circunstancias el rollo no sale en los tiempos programados.

Para corregir estas situaciones se debe hacer uso de la operación de la maquina en modo manual.

En la Etapa29 finalmente se abre la válvula de desagüe para que salgan todos los residuos tanto sólidos como líquidos que resultaron del proceso de teñir la tela.

Modo manual-automático

La Etapa30, es la etapa donde se encontrará el programa luego de encender la maquina esperando a que el operario determine el modo de funcionamiento de la maquina. Si se selecciona el modo manual pasara a la Etapa31, y si selecciona el modo automático el programa activa la Etapa32 y la maquina se encontrara en condiciones para iniciar el proceso de teñido de la tela.

La Etapa31 es el estado del programa donde se pueden ingresar ordenes manuales a través del panel de control para realizar acciones directas sobre el funcionamiento de la maquina, como abrir las válvulas de acceso y salida de fluidos químicos, también se puede accionar la motobomba, el sentido de los motores principales y acceso del vapor.

Esta etapa es fundamental para las acciones correctivas o preventivas que en algún momento haya que realizar antes, durante y después del proceso de teñido.

La Etapa32 es la etapa que pone todos los actuadores del sistema en condiciones iniciales para el inicio del proceso, como es cerrar todas las válvulas y apagar motores.

Etapas de salida del sistema de control.

Figura 116. Código de programación para el control del motor A.

Network 36 SECCION DE SALIDAS		Símbolo	Dirección	Comentario
SALIDA MOTOR A DERECHA		ETAPA10	M1.2	
LD	ETAPA2	ETAPA11	M1.3	
O	ETAPA6	ETAPA14	M1.6	
O	ETAPA10	ETAPA15	M1.7	
O	ETAPA14	ETAPA17	M2.1	
O	ETAPA18	ETAPA18	M2.2	
O	ETAPA20	ETAPA19	M2.3	
O	ETAPA26	ETAPA2	M0.2	
LD	ETAPA31	ETAPA20	M2.4	
A	SENTA	ETAPA22	M2.6	
OLD		ETAPA25	M3.1	
AN	ETAPA5	ETAPA26	M3.2	
AN	ETAPA7	ETAPA27	M3.3	
AN	ETAPA11	ETAPA28	M3.4	
AN	ETAPA15	ETAPA31	M3.7	MEMORIA DEL MODO MANUAL
AN	ETAPA17	ETAPA5	M0.5	
AN	ETAPA19	ETAPA6	M0.6	
AN	ETAPA22	ETAPA7	M0.7	
AN	ETAPA25	MADER	Q0.5	ACTIVA EL MOTOR A EN SENTIDO HORARIO
AN	ETAPA27	SENTA	I0.5	BOTON DE GIRO A LA IZQUIERDA
AN	ETAPA28			
=	MADER			

En la figura 116 se representa el código de programación que da la orden de girar el motor A en sentido horario. Cabe mencionar que estas salidas digitales para el accionamiento de los motores principales (24 VDC) van a la entrada de un variador de velocidad.

Figura 117. Código de control para el motor B

Network 37 SECCION DE SALIDAS		Símbolo	Dirección	Comentario
SALIDA MOTOR B DERECHA		ETAPA10	M1.2	
LD	ETAPA2	ETAPA11	M1.3	
O	ETAPA6	ETAPA14	M1.6	
O	ETAPA10	ETAPA15	M1.7	
O	ETAPA14	ETAPA17	M2.1	
O	ETAPA18	ETAPA18	M2.2	
O	ETAPA20	ETAPA19	M2.3	
O	ETAPA26	ETAPA2	M0.2	
LD	ETAPA31	ETAPA20	M2.4	
A	SENTA	ETAPA22	M2.6	
OLD		ETAPA25	M3.1	
AN	ETAPA5	ETAPA26	M3.2	
AN	ETAPA7	ETAPA27	M3.3	
AN	ETAPA11	ETAPA28	M3.4	
AN	ETAPA15	ETAPA31	M3.7	MEMORIA DEL MODO MANUAL
AN	ETAPA17	ETAPA5	M0.5	
AN	ETAPA19	ETAPA6	M0.6	
AN	ETAPA22	ETAPA7	M0.7	
AN	ETAPA25	MBDER	Q0.6	ACTIVA EL MOTOR B EN SENTIDO HORARIO
AN	ETAPA27	SENTA	I0.5	BOTON DE GIRO A LA IZQUIERDA
AN	ETAPA28			
=	MBDER			

La figura 117 representa la salida se controla el motor B en sentido horario

Figura 118. Código de control para el motor A

Network 38 SECCION DE SALIDAS		Símbolo	Dirección	Comentario
SALIDA MOTOR A IZQUIERDA		ETAPA13	M1.5	
LD	ETAPA5	ETAPA14	M1.6	
O	ETAPA13	ETAPA15	M1.7	
O	ETAPA16	ETAPA16	M2.0	
O	ETAPA19	ETAPA17	M2.1	
O	ETAPA25	ETAPA19	M2.3	
O	ETAPA28	ETAPA20	M2.4	
LD	ETAPA31	ETAPA22	M2.6	
A	SENTB	ETAPA25	M3.1	
OLD		ETAPA26	M3.2	
AN	ETAPA6	ETAPA27	M3.3	
AN	ETAPA7	ETAPA28	M3.4	
AN	ETAPA14	ETAPA31	M3.7	MEMORIA DEL MODO MANUAL
AN	ETAPA15	ETAPA5	M0.5	
AN	ETAPA17	ETAPA6	M0.6	
AN	ETAPA20	ETAPA7	M0.7	
AN	ETAPA22	MAIZQ	Q0.7	ACTIVA EL MOTOR A EN SENTIDO ANTI-HORARIO
AN	ETAPA25	SENTB	I0.6	BOTON DE GIRO A LA DERECHA
AN	ETAPA27			
AN	ETAPA28			
=	MAIZQ			

La figura 118 representa la salida que acciona el motor A en sentido contra horario.

Figura 119. Código de control para el motor B

Network 39 SECCION DE SALIDAS				
SALIDA MOTOR B IZQUIERDA		Símbolo	Dirección	Comentario
LD	ETAPAS	ETAPA13	M1.5	
O	ETAPA13	ETAPA14	M1.6	
O	ETAPA16	ETAPA15	M1.7	
O	ETAPA19	ETAPA16	M2.0	
O	ETAPA25	ETAPA17	M2.1	
O	ETAPA28	ETAPA19	M2.3	
LD	ETAPA31	ETAPA20	M2.4	
A	SENTB	ETAPA22	M2.6	
OLD		ETAPA25	M3.1	
AN	ETAPAS	ETAPA26	M3.2	
AN	ETAPAS	ETAPA27	M3.3	
AN	ETAPA14	ETAPA28	M3.4	
AN	ETAPA15	ETAPA31	M3.7	MEMORIA DEL MODO MANUAL
AN	ETAPAS	ETAPAS	M0.5	
AN	ETAPAS	ETAPAS	M0.6	
AN	ETAPAS	ETAPAS	M0.7	
AN	ETAPAS	MBIZQ	Q2.0	ACTIVA EL MOTOR B EN SENTIDO ANTI-HORARIO
AN	ETAPAS	SENTB	I0.6	BOTON DE GIRO A LA DERECHA

La figura 119 representa la salida al motor B para que marche en sentido contra horario.

Figura 120. Código de control para la motobomba

Network 40

LD	ETAPA31
A	MBOMBA
O	ETAPA3
O	ETAPA15
O	ETAPA17
=	EMBOMBA

Símbolo	Dirección	Comentario
EMBOMBA	Q0.4	ENCIENDE MOTOBOMBA
ETAPA15	M1.7	
ETAPA17	M2.1	
ETAPA3	M0.3	
ETAPA31	M3.7	MEMORIA DEL MODO MANU
MBOMBA	I1.3	ENCENDIDO DE LA MOTOB

El código representado en la figura 120 es la acción de control para el encendido y apagado de la motobomba de recirculación para agentes químicos.

Figura 121. Salida a la válvula de agua.

Network 41			
LD	ETAPA31		
A	AGUA		
O	ETAPA1		
O	ETAPA8		
O	ETAPA12		
O	ETAPA23		
AN	ETAPA2		
AN	ETAPA9		
AN	ETAPA13		
AN	ETAPA24		
=	VAGUA		
Símbolo	Dirección	Comentario	
AGUA	I1.0	BOTON PARA INGRESO DEL AGUA	
ETAPA1	M0.1		
ETAPA12	M1.4		
ETAPA13	M1.5		
ETAPA2	M0.2		
ETAPA23	M2.7		
ETAPA24	M3.0		
ETAPA31	M3.7	MEMORIA DEL MODO MANUAL	
ETAPA8	M1.0		
ETAPA9	M1.1		
VAGUA	Q0.0	ABRE VALVULA DE AGUA	

Figura 122. Salida a la válvula de vapor.

Network 42

LD	ETAPA31
A	VAP
O	ETAPA9
O	ETAPA21
AN	ETAPA10
AN	ETAPA21
=	VVAP

Símbolo	Dirección	Comentario
ETAPA10	M1.2	
ETAPA21	M2.5	
ETAPA31	M3.7	MEMORIA DEL MODO MANUAL
ETAPA9	M1.1	
VAP	I1.1	BOTON PARA INGRESO DEL VAPOF
VVAP	Q0.1	ABRE VALVULA DEL VAPOR

Figura 123. Salida a la válvula de agentes químicos.

Network 43

LD	ETAPA31
A	QUI
O	ETAPA3
O	ETAPA15
O	ETAPA17
AN	ETAPA4
AN	ETAPA16
AN	ETAPA18
=	VQUI

Símbolo	Dirección	Comentario
ETAPA15	M1.7	
ETAPA16	M2.0	
ETAPA17	M2.1	
ETAPA18	M2.2	
ETAPA3	M0.3	
ETAPA31	M3.7	MEMORIA DEL MODO MANUAL
ETAPA4	M0.4	
QUI	I1.2	BOTON PARA INGRESO DE AGENTES QUIMICOS
VQUI	Q0.2	ABRE VALVULA DE AGENTES QUIMICOS

Figura 124. Salida a la válvula de desagüe.

Network 44

LD	ETAPA31
A	TANQUE
O	ETAPA7
O	ETAPA11
O	ETAPA22
O	ETAPA29
AN	ETAPA0
AN	ETAPA8
AN	ETAPA12
AN	ETAPA23
=	VTAN

Símbolo	Dirección	Comentario
ETAPA0	M0.0	MEMORIA INICIO ETAPAS DEL PROCESO
ETAPA11	M1.3	
ETAPA12	M1.4	
ETAPA22	M2.6	
ETAPA23	M2.7	
ETAPA29	M3.5	
ETAPA31	M3.7	MEMORIA DEL MODO MANUAL
ETAPA7	M0.7	
ETAPA8	M1.0	
TANQUE	I0.7	BOTON DE ABRIR VALVULA DE DESAGUE
VTAN	Q0.3	ABRE VALVULA DE DESAGUE

Figura 125. Salidas a los pilotos de señalización del estado del proceso.

Network 47			Network 46		
ID	RM		ID	AUTO	
LDN	PARO		O	PP	
O	MAN		AN	MAN	
ALD			=	PP	
=	PM				
Símbolo	Dirección	Comentario	Símbolo	Dirección	Comentario
MAN	I0.4	BOTON DE MODO MANUAL	AUTO	I0.2	BOTON DE MODO AUTOMATICO
PARO	I0.1	BOTON DE PARADA	MAN	I0.4	BOTON DE MODO MANUAL
PM	Q2.3	PILOTO TERMICO DE LOS MOTORES	PP	Q2.2	PILOTO INICIO DEL PROCESO DE LA MAQUINA
RM	I2.5	RELE TERMICO MOTORES			
Network 45					
SALIDA PILOTOS					
ID	ENC				
=	PE				
Símbolo	Dirección	Comentario			
ENC	I0.0	ENCENDIDO UNIVERSAL			
PE	Q2.1	PILOTO DE ENCENDIDO DE LA MAQUINA			

14. CONCLUSIONES

Este proyecto colmo todas las expectativas planteadas desde el principio del mismo, asegurando el cumplimiento de las necesidades del cliente identificadas desde el inicio.

La realización de este proyecto mostro cuán importante es llevar a cabo un proceso de diseño concurrente y estructural, como cada una de sus etapas es tan importante como la anterior, por eso en todas las etapas hay que poner todo el empeño y no escatimar esfuerzos.

Quizás al principio se pensó que podría quedar algunos conceptos al aire, pero a medida que se fue desarrollando el proyecto y gracias la ayuda de profesores y compañeros, se puede decir en este momento que se cuenta con las especificaciones necesarias para comenzar la siguiente fase que sería la construcción y montaje de una maquina de teñir tela del tipo Jigger.

Entre los conceptos que mas destacados en este trabajo se encuentra la realización de una estrategia y algoritmo de control para el sistema de automatización, diseño de las piezas mecánicas con dimensiones reales con la ayuda del programa CAD Solid Edge v19, el análisis de carga y su comportamiento en el tiempo a las piezas que conforman el sistema de soporte, así como a las piezas que sostienen la tela, y finalmente a la tina de la maquina; también se llego a la selección y debida justificación de los elementos eléctricos, electrónicos y de control necesarios para la implementación de este proyecto.

BIBLIOGRAFIA

Jigger Kusters: fabricante de jiggers [en línea]. Dinamarca: Feyen GmbH, 2002. [Consultado 30 de Julio de 2006]. Disponible en internet: <http://www.feyen.de>

Henriksen: Fabricante de maquinaria textil. [en línea]. Holanda: [Vald.Henriksen, 2007](#). [Consultado 03 de Agosto de 2006]. Disponible en internet: <http://www.henriksen.nl>

Imaltec: Fabricante de maquinaria textil. [en línea]. Italia: Imaltec, 2005. [Consultado 03 de Agosto de 2006]. Disponible en internet: <http://www.imaltec.com>

Industrialmachines: Comercializadora de maquinaria textil nueva y usada. [en línea]. Barcelona: Industrial Machines.net Ltd , 2008. [Consultado 30 de Julio de 2006]. Disponible en internet: [http:// www.industrialmachines.net](http://www.industrialmachines.net)

MCH-mochisa: fabricante de maquinaria textil nueva [en línea]. Barcelona: MCH-mochisa, 2007 [Consultado 30 de Julio de 2006]. Disponible en internet: <http://www.mch-mochisa.com>.

Oepm: entidad que reglamenta y controla las patentes radicadas en España [en línea]. España: Oficina Española de Patentes y Marcas, 2006. [Consultado 04 de Agosto de 2006]. Disponible en internet: [http:// www.oepm.es/internet/index.htm](http://www.oepm.es/internet/index.htm)

Uspto: entidad que reglamenta y controla las patentes radicadas en Estados Unidos [en línea]. Estados Unidos: USPTO Site, 2006. [Consultado 03 de Agosto de 2006]. Disponible en internet: [http:// www.uspto.gov](http://www.uspto.gov)

ANEXOS

Anexo A. Tablas del método QFD

En esta tabla se identifica que métricas pueden de algún modo medir o representar las necesidades planteadas por el cliente. A cada necesidad le corresponde una o más métricas que lo representa.

Tabla A1. Métricas y sus unidades

#	#				
Métrica	Necesidades	Métrica	Imp.	Unidad	
1	2,5,6	Rango de velocidad de trabajo	4	(m/s)	
2	2,3,6	Rango de capacidad de carga de trabajo	4	(Kg.)	
3	14	Rango de ruido	3	(db)	
4	8,13,16	El aspecto de la máquina	2	Lista 1.	
5	2,3,7,8,10,13,14,15	La confiabilidad de la máquina	5	Lista 2.	
6	1,6,10	Rango de temperatura de trabajo	5	(°C)	
7	1,2,3,5,6,10	Rango del ciclo de trabajo	4	(min.)	
8	2,5,6	Capacidad de trabajo continuo	3	(horas)	
9	8,9,13,14,15	Nivel de seguridad	5	Lista 2.	

10	1,3,5,6,7,10,12	*Costo unidad producción	por de	5	\$Pesos
11	9,17	Espacio trabajo	de	4	WxHxL (m)
12	4,5,6	Rango desechos sólidos	de	3	(gr.)
13	12,15,16	Costo reparación y Mantenimiento	de	4	Lista 3.
14	2,3	Rango transmisión potencia	de de	5	Kw.

LISTA 2

LISTA 1

AGRADABLE
DESAGRADABLE

ALTO
BUENO
REGULAR
BAJO
MALO

LISTA 3

ALTO
MEDIO
BAJO

Debido a que hay algunas descripciones métricas que no tienen unidad métrica conocida, se opta por utilizar unas listas donde se encuentran valores subjetivos que se aproximen a lo que se desea representar con la métrica.

Costo por unidad de producción: se refiere al valor que tiene teñir 100 Kg. de tela, sin contar el valor de mano de obra, solo se tienen en cuenta insumos como son: agua, elementos químicos (tinte, detergente, blanqueador, etc.), vapor, energía.

En la Tabla A2. se confrontan las descripciones métricas que representan una o más necesidades planteadas por el cliente, además de dar un valor de importancia de 1 a 5, siendo 5 el valor más alto que puede considerar el diseñador. Este ejercicio se realiza con el objetivo de establecer cuáles son las descripciones métricas más relevantes, para saber cuál puede ser la tendencia de enfoque en el diseño.

Tabla A2. Relación de las métricas con las necesidades.

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		METRICAS	Rango de velocidad de	Rango de capacidad de	Rango de	El aspecto	La	Rango de	Rango del	Capacidad	Nivel de	Costo por	Espacio de	Rango de	Costo de	Rango de

		IMP.														
1	La máquina está diseñada para evitar la pérdida de vapor	5						*	*			*				
2	La máquina está diseñada para un trabajo fuerte	5	*	*			*	*	*	*		*				*
3	La máquina está diseñada para manejar medianos y grandes volúmenes de trabajo	5		*			*	*	*			*				*
4	La máquina es amigable con el medio ambiente	5												*		
5	La máquina es totalmente automatizada	5	*					*	*	*		*		*		
6	La máquina reducirá el ciclo de trabajo	5	*	*				*	*	*		*		*		
7	La máquina eliminara excesos de tensión	5					*					*				
8	La máquina indica las etapas del proceso	5				*	*				*					
9	La máquina es de fácil manejo	5									*		*			
10	La máquina garantizara la homogeneidad del teñido	5					*	*	*			*				
11	La máquina será de bajo costo.	4														

1 2	La máquina será de bajo mantenimiento	4													*	
1 3	La máquina tendrá señales de seguridad	3				*	*				*					
1 4	La máquina manejará niveles de ruido dentro del rango permitido	3			*		*				*					
1 5	La máquina tendrá un robusto sistema de protección	3					*				*				*	
1 6	La máquina tendrá soporte técnico	3				*									*	
1 7	La máquina posee un aspecto agradable a la vista	2											*			
		T O T A L	15	15	3	1 1	3 4	3 0	3 0	1 5	1 9	3 5	7	1 5	1 0	1 0
		PESO	6,15	6,15	1.123	4,50	13,93	12,29	12,29	6,15	17,78	14,34	2,86	6,15	4,00	4,00

Como objetivo de la Tabla 5.2 se encuentran los pesos relativos de las métricas que representan una o más necesidades del cliente, esto nos dará una idea de cuáles son las métricas más relevantes y de mayor interés para el diseñador.

Tabla A3. Evaluación de las necesidades del cliente en productos competidores (Benchmarking)

			A	B	C	D
#	NECESIDADES	IMP.	Sección 1.01 Henriksen AT 1400	VCC-2408 - JIGGER (ASISA) 2000 MM.	JIGGER (BENE) 2000 MM.	JIGGER (MEZZERA) 1800 MM.
1	La máquina está diseñada para evitar la pérdida de vapor	5	....	...	....	....
2	La máquina está diseñada para un trabajo fuerte	5	....	....	....	..
3	La máquina está diseñada para manejar medianos y grandes volúmenes de trabajo	5	....	...	....	..
4	La máquina es amigable con el medio ambiente	5	....	....	....	....
5	La máquina es totalmente automatizada	5	....	...	....	...

6	La máquina reducirá el ciclo de trabajo	5	.....	...	.....	...
7	La máquina eliminara excesos de tensión	5	.....	...	.....	..
8	La máquina indica las etapas del proceso	5	....	..	...	.
9	La máquina es de fácil manejo	5	.....	...	.....	...
10	La máquina garantizara la homogeneidad del teñido	5	.....	....	.....	...
11	La máquina será de bajo costo.	4	....	....	....	.....
12	La máquina será de bajo mantenimiento	4	.	.	.	.
13	La máquina tendrá señales de seguridad	3	...	..	...	.
14	La máquina manejara niveles de ruido dentro del rango permitido	3	.....	....	.....	....
15	La máquina tendrá un robusto sistema de protección	3	.....	....	.....	....
16	La máquina tendrá soporte técnico	3	....	....	...	..
17	La máquina posee un aspecto agradable a la vista	2	.....	...	.....	..

La Tabla A3. Evalúa algunos productos que se encuentran en el mercado, y hasta qué punto cumple con las expectativas de nuestro cliente. Este ejercicio nos da una idea de las fortalezas y debilidades de productos competidores en el mercado.

Tabla A4. Evaluación de las métricas con respecto a competidores.

# Mét.	# Nec.	Métrica	Imp.	Uni.	A	B	C	D
					Sección 1.02 Henriksen AT 1400	VCC-2408 JIGGER (ASISA) 2000 MM.	JIGGER (BENE) 2000 MM.	JIGGER (MEZZERA) 1800 MM.
1	2,5,6	Rango de velocidad de trabajo	4	(m/min.)	5-150	5-80	10-120	5-50
2	2,3,6	Rango de capacidad de carga de trabajo	4	(Kg.)	300	250	300	50
3	14	Rango de ruido	3	(db)	15-25	30-40	15-25	25-35
4	8,13,16	El aspecto de la máquina	2	Lista 1.	agradable	agradable	agradable	desagradable
5	2,3,7,8,10,13,14,15	La confiabilidad de la máquina	5	Lista 2.	alta	buena	alta	regular
6	1,6,10	Rango de temperatura de trabajo	5	(°C)	5-120	5-125	5-110	5-90

7	1,2,3, 5,6,10	Rango del ciclo de trabajo	4	(min.)	90	120	90	120
8	2,5,6	Capacidad de trabajo continuo	3	(horas)	24	8-12	16-20	4-8
9	8,9,13 ,14,15	Nivel de seguridad	5	Lista 2.	alta	buena	Alta	regular
10	1,3,5 ,6,7, 10,12	*Costo por unidad de producción	5	\$Pesos	20.000	30.000	22.000	30.000
11	9,17	Espacio de trabajo	4	WxHxL (m)	2.3x2.5x3	2.3x2.5x3	2x2.5x3	1.6x1.5x2.2
12	4,5,6	Rango de desechos sólidos	3	(gr.)	10-50	10-65	10-50	10-100
13	12,15, 16	Costo de reparación y Mantenimiento	4	Lista 3.	bajo	medio	bajo	medio
14	2,3	Rango de transmisión de potencia	5	Kw.	5.8	7.0	5.5	3.5

La Tabla A4. evalúa que tanto satisfacen las necesidades del cliente cada una de estas marcas y cada una de las métricas que se han identificado a partir de las necesidades del cliente. Es decir, que tan importante es para los competidores la consideración de estas métricas en sus diseños desde el punto de vista funcional, calidad, seguridad, rendimiento, aspecto entre otras.

*** Costo por unidad de producción: se refiere al valor que tiene teñir 100 Kg. de tela, sin contar el valor de mano de obra, solo se tienen en cuenta insumos como son: agua, elementos químicos (tinte, detergente, blanqueador, etc.), vapor, energía.**

Tabla A.5. Asignación de valores ideales y marginales.

#	Métrica	Unidad	Valor Marginal	Valor Ideal
1	Rango de velocidad de trabajo	(m/s)	5-150	30-110
2	Rango de capacidad de carga de trabajo	(Kg.)	50-300	200-300
3	Rango de ruido	(db)	>15,<40	<30
4	El aspecto de la máquina	Lista 1.	Agradable	Agradable.
5	La confiabilidad de la máquina	Lista 2.	Buena	Alta
6	Rango de temperatura de trabajo	(°C)	5-125	5-100
7	Rango del ciclo de trabajo	(min.)	<120	<90
8	Capacidad de trabajo continuo	(horas)	4-24	8-16
9	Nivel de seguridad	Lista 2.	Buena	Alta
10	Costo por unidad de producción	\$Pesos	20.000-30.000	<25.000
11	Espacio de trabajo	WxHxL (m)	2*2.5*3	1.8*2.5*2.8
12	Rango de desechos sólidos	(gr.)	10-100	<50
13	Costo de reparación y Mantenimiento	Lista 3.	Medio	Bajo
14	Rango de transmisión de potencia	Kw.	<7.0	<5.5

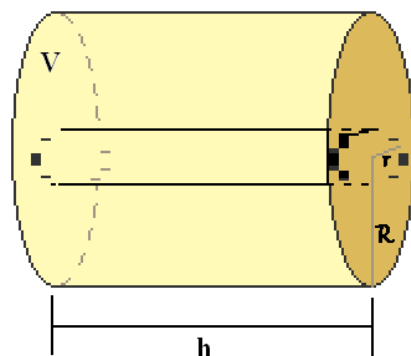
En la Tabla A.5 se asignan los márgenes de valores en los cuales los productos competidores desempeñan sus funciones según cada métrica tenida en consideración. La casilla de valor ideal es llenada con los valores que se desea nuestra máquina cumpla las funciones según cada métrica. Estos valores ideales se encuentran dentro del rango de valores de los productos competidores.

Anexo B. Fórmula para el diámetro máximo del tambor

Calculo del diámetro máximo que puede alcanzar el eje principal para 300 kilos de tela montados sobre él. Este cálculo nos permite prever el espacio mínimo entre ejes principales de la máquina para que no se llegasen a tocar.

Se tomaron unos datos en la fábrica de telas elásticas s.a. durante el proceso de teñido de 35,5 kilogramos, montada esta tela se prosiguió a medir el perímetro de total del cilindro con la tela montada; de estos datos obtenidos y con conociendo la formula de la densidad se calculo el diámetro que puede alcanzar el cilindro con 300 kilos de tela montados en el. Estos cálculos se muestran en la figura B.1. y B.2.

Figura B.1. Calculo del radio para 100 kilos de tela.



$$V = \pi (R^2 - r^2) h$$

$$V = \pi (21,44 \text{ cm}^2 - 15,34 \text{ cm}^2) h$$

$$V = \pi (222,51 \text{ cm}^2) 123 \text{ cm}$$

$$V = 85983 \text{ cm}^3$$

$$\rho = m/V \quad \rho = \frac{35,5 \text{ Kg}}{85983 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 4,13 \times 10^{-4} \text{ Kg/cm}^3 \quad \text{Densidad de la tela}$$

TENIENDO EL VALOR DE LA DENSIDAD DE LA TELA ENCONTRAREMOS EL VALOR DEL RADIO MAYOR PARA CUANDO HALLA MONTADO 100 Kg DE TELASOBRE LOS RODILLOS

$$V = \pi R^2 h$$

$$V = \pi (R^2 - r^2) h$$

$$R = x \quad r = 15,34 \text{ cm}$$

$$V = \pi (x^2 - (15,34 \text{ cm})^2) 123 \text{ cm}$$

$$V = 386,417 x^2 \text{ cm} - 91642,6 \text{ cm}^3$$

$$V = \pi (R^2 - r^2) h \quad \text{VOLUMEN PARA UN CILINDRO}$$

$$\rho = m/V \quad \text{DENSIDAD DE LA TELA}$$

$$m = \rho V$$

$$m = \rho (\pi (R^2 - r^2) h)$$

$$\rho = m/V \quad V = \pi R^2 h$$

$$h = 123 \text{ cm}$$

$$R = 21,44 \text{ cm}$$

$$r = 15,34 \text{ cm}$$

$$123,3 \text{ m}^3$$

$$10,517 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$3'635.795,6 \text{ cm}^3$$

$$\frac{5,873 \times 10^6 \text{ cm}^2}{386,5}$$

$$15'195.487$$

$$97 \text{ cm}$$

$$9409 \text{ cm}^2$$

$$237,16$$

$$m = 100 \text{ Kg}$$

$$\rho = m/V$$

$$V = m/\rho \Rightarrow$$

$$386,417 x^2 \text{ cm} - 91642,6 \text{ cm}^3$$

$$= \frac{100 \text{ Kg}}{4,13 \times 10^{-4} \text{ Kg/cm}^3}$$

$$X^2 = \sqrt{863,68 \text{ cm}^2}$$

$$X = 29,39 \text{ cm}$$

Este es el valor total del cilindro, es decir radio que comprende la tela montada el rodillo y el eje principal

$$m = 200 \text{ Kg}$$

$$\rho = m/V$$

$$V = m/\rho \Rightarrow$$

$$386,417 \text{ x } 10^2 \text{ cm} - 91642,6 \text{ cm}^3 = \frac{200 \text{ Kg}}{4,13 \times 10^{-4} \text{ Kg/cm}^3}$$

$$X^2 = \sqrt{1490,37 \text{ cm}^2}$$

$$X = 38,6 \text{ cm}$$

RADIO MAXIMO PARA 200 KILOS
DE TELA MONTADA EN EL
RODILLO PRINCIPAL

$$\text{PARA } m = 300 \text{ Kg}$$

$$\rho = m/V$$

$$V = m/\rho \Rightarrow$$

$$386,417 \text{ x } 10^2 \text{ cm} - 91642,6 \text{ cm}^3 = \frac{300 \text{ Kg}}{4,13 \times 10^{-4} \text{ Kg/cm}^3}$$

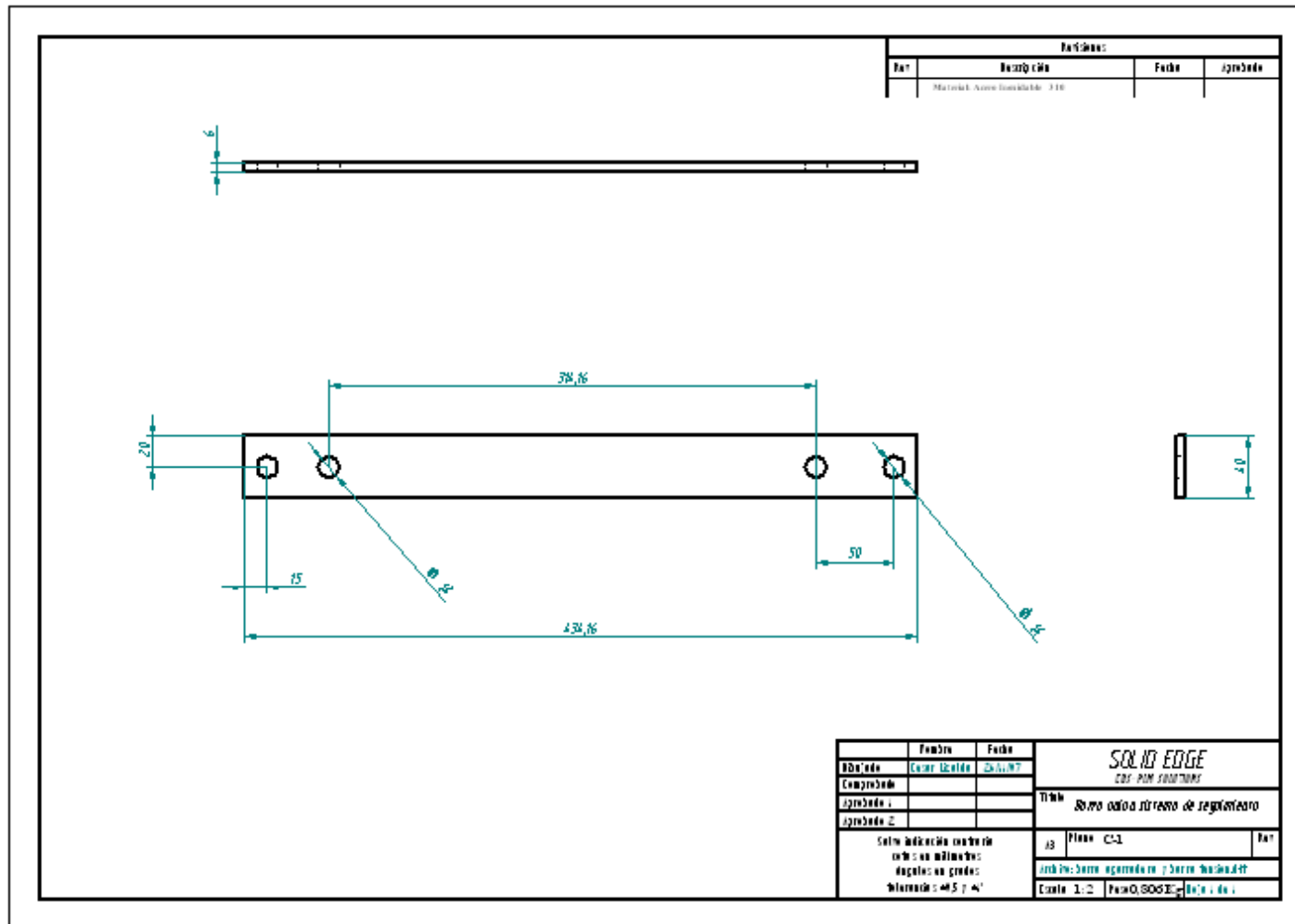
$$X^2 = \sqrt{2117 \text{ cm}^2}$$

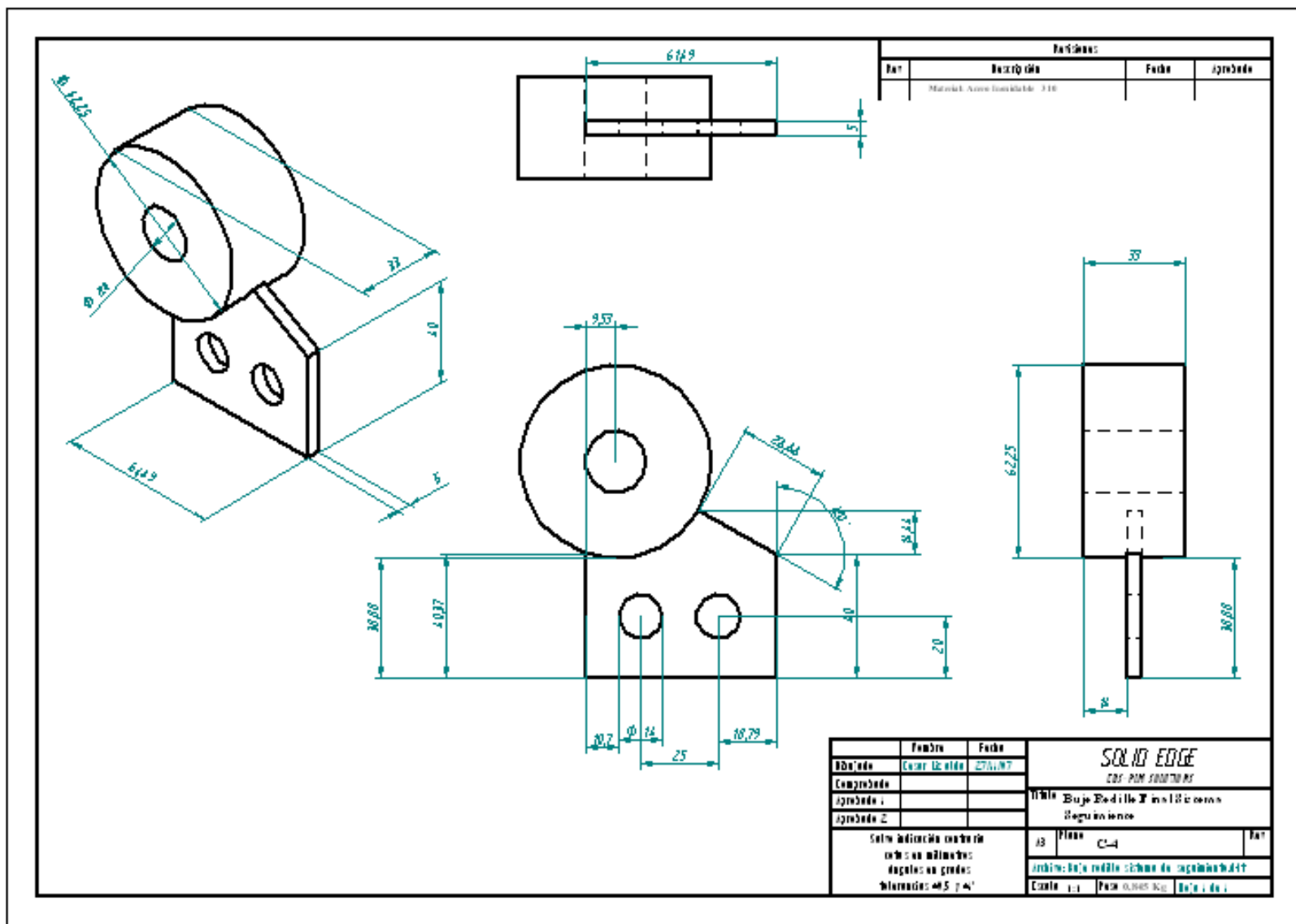
$$X = 46 \text{ cm}$$

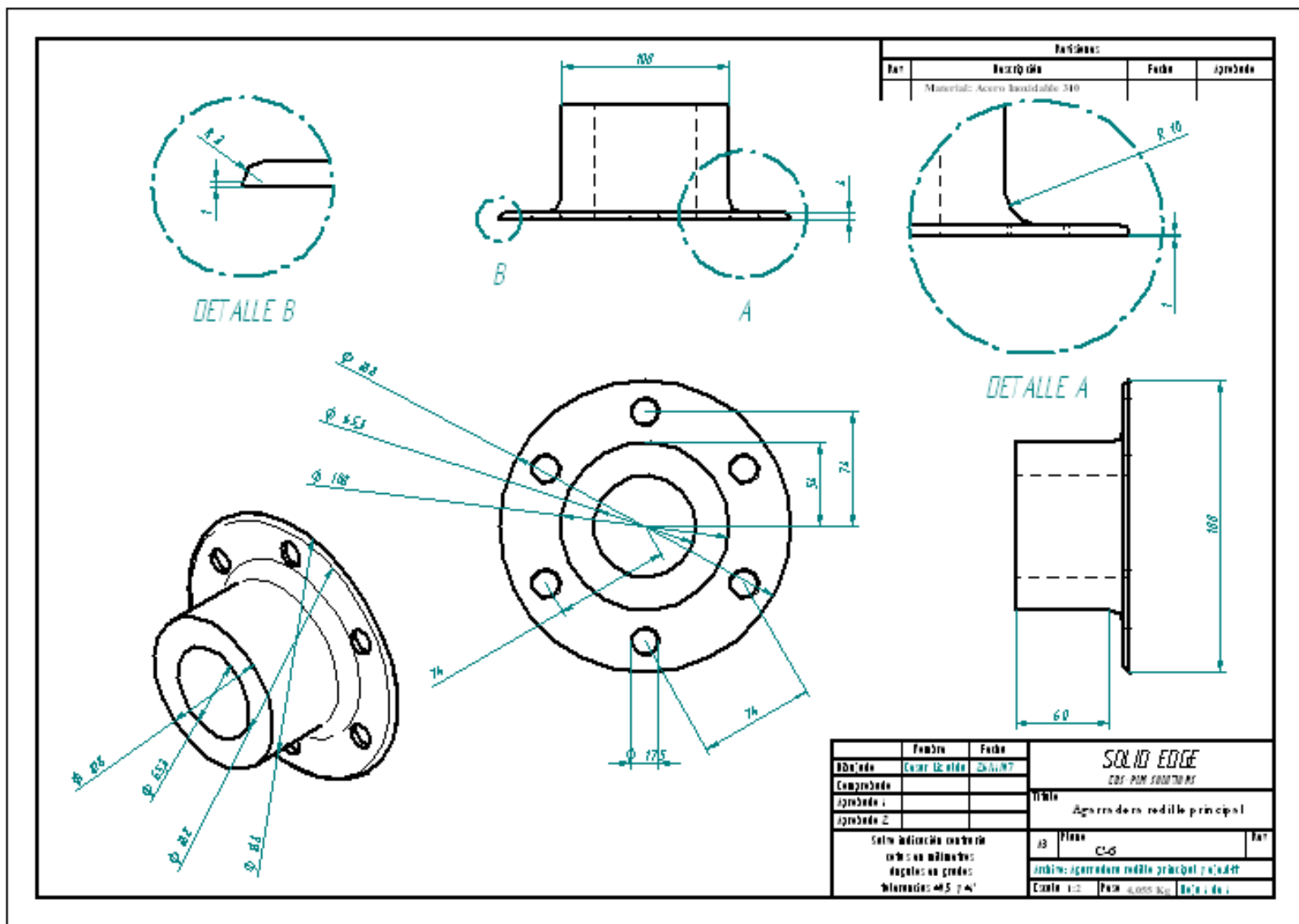
RADIO MAXIMO PARA 300 KILOS
DE TELA MONTADA EN EL
RODILLO PRINCIPAL

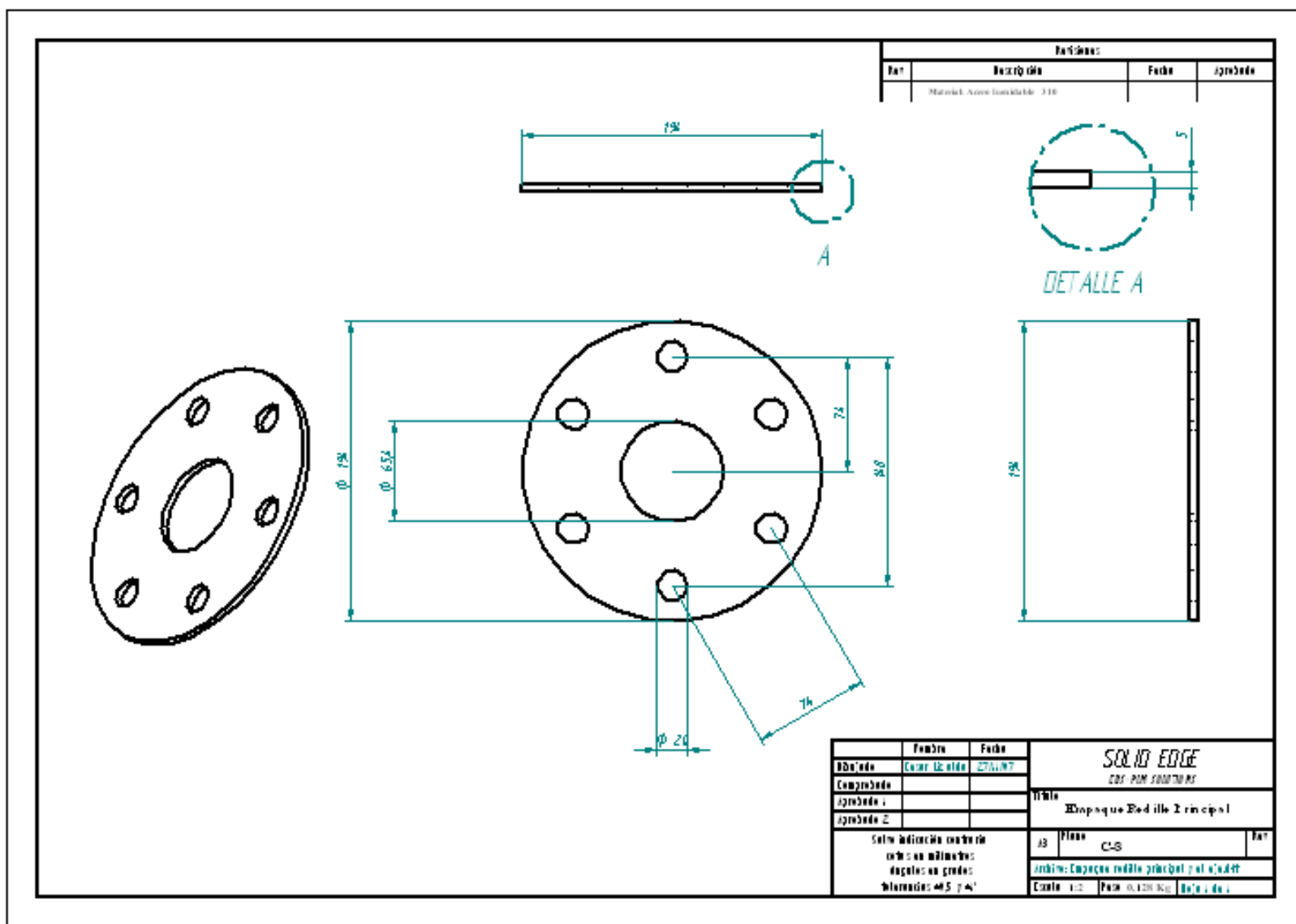
Figura B.2. Calculo del radio máximo para 200 y 300 kilos de tela.

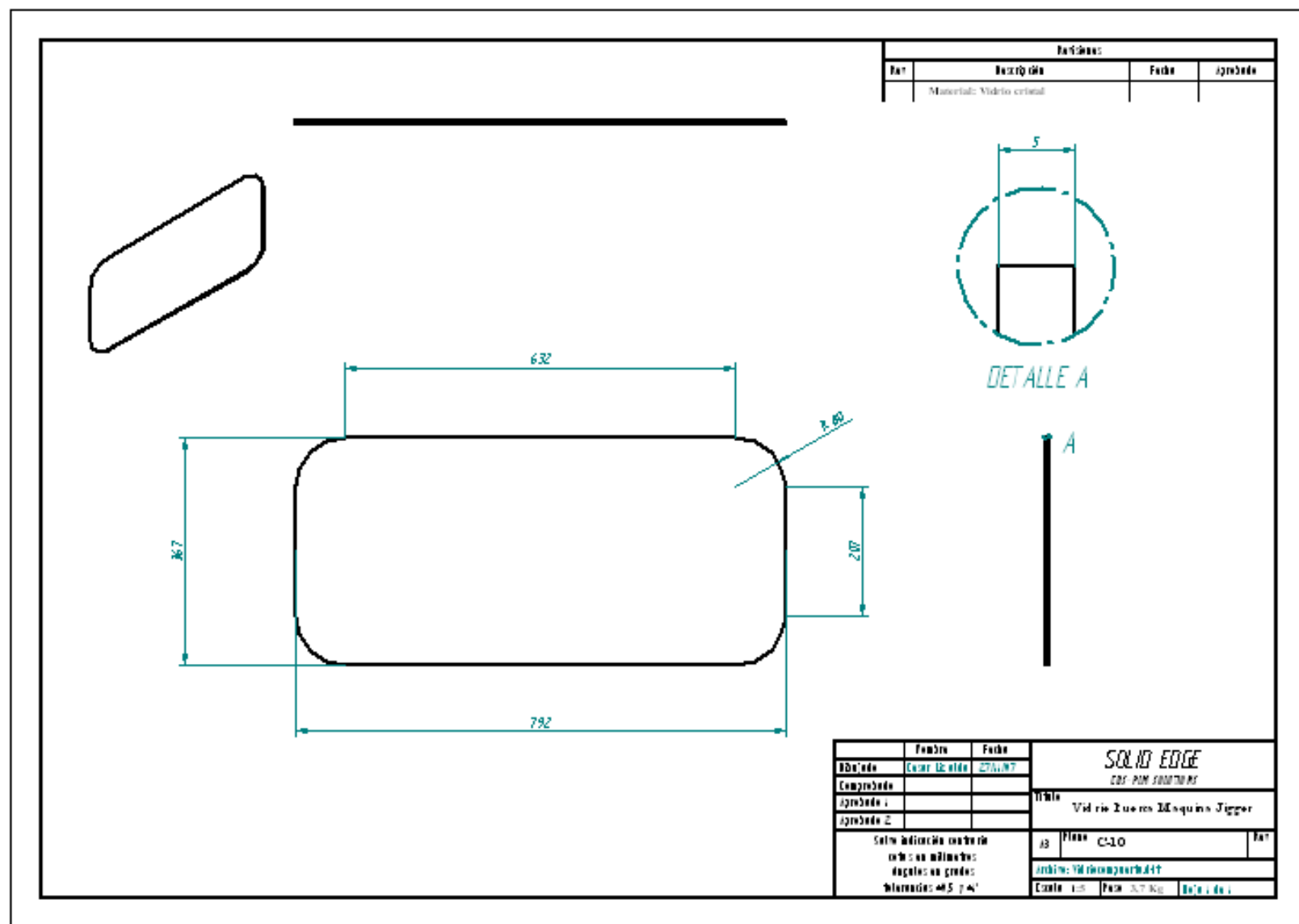
Anexo C. Lista de planos.

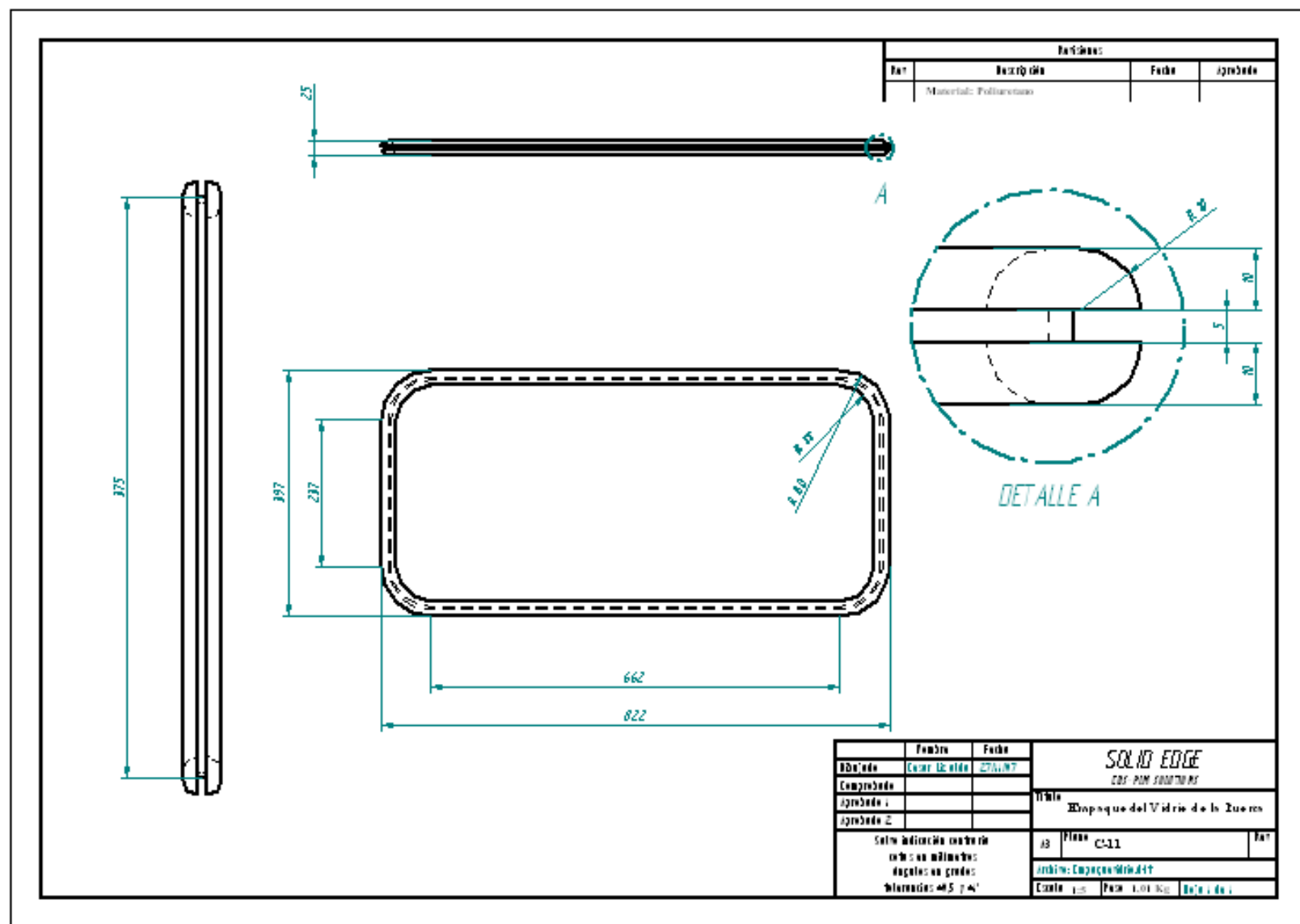


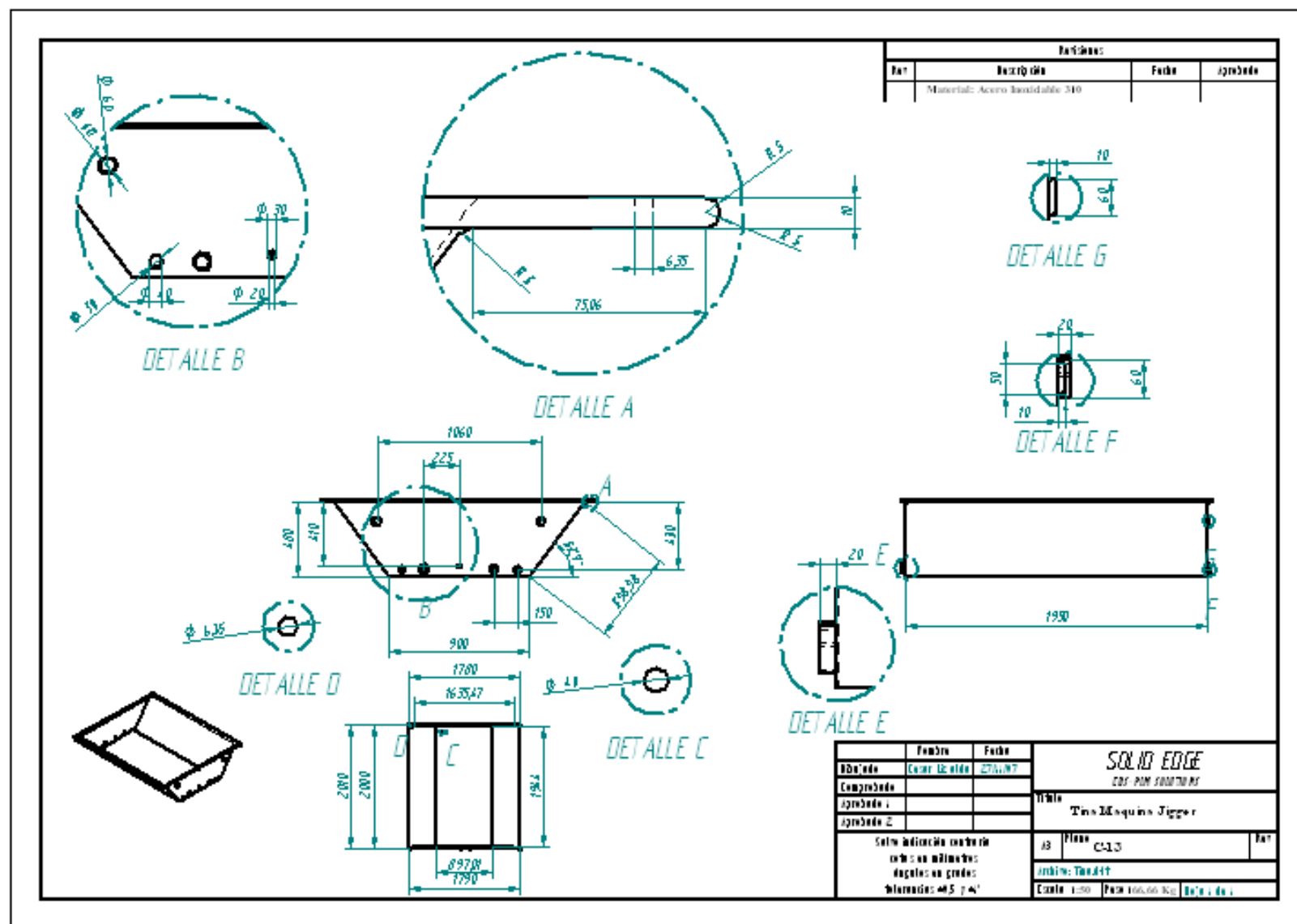


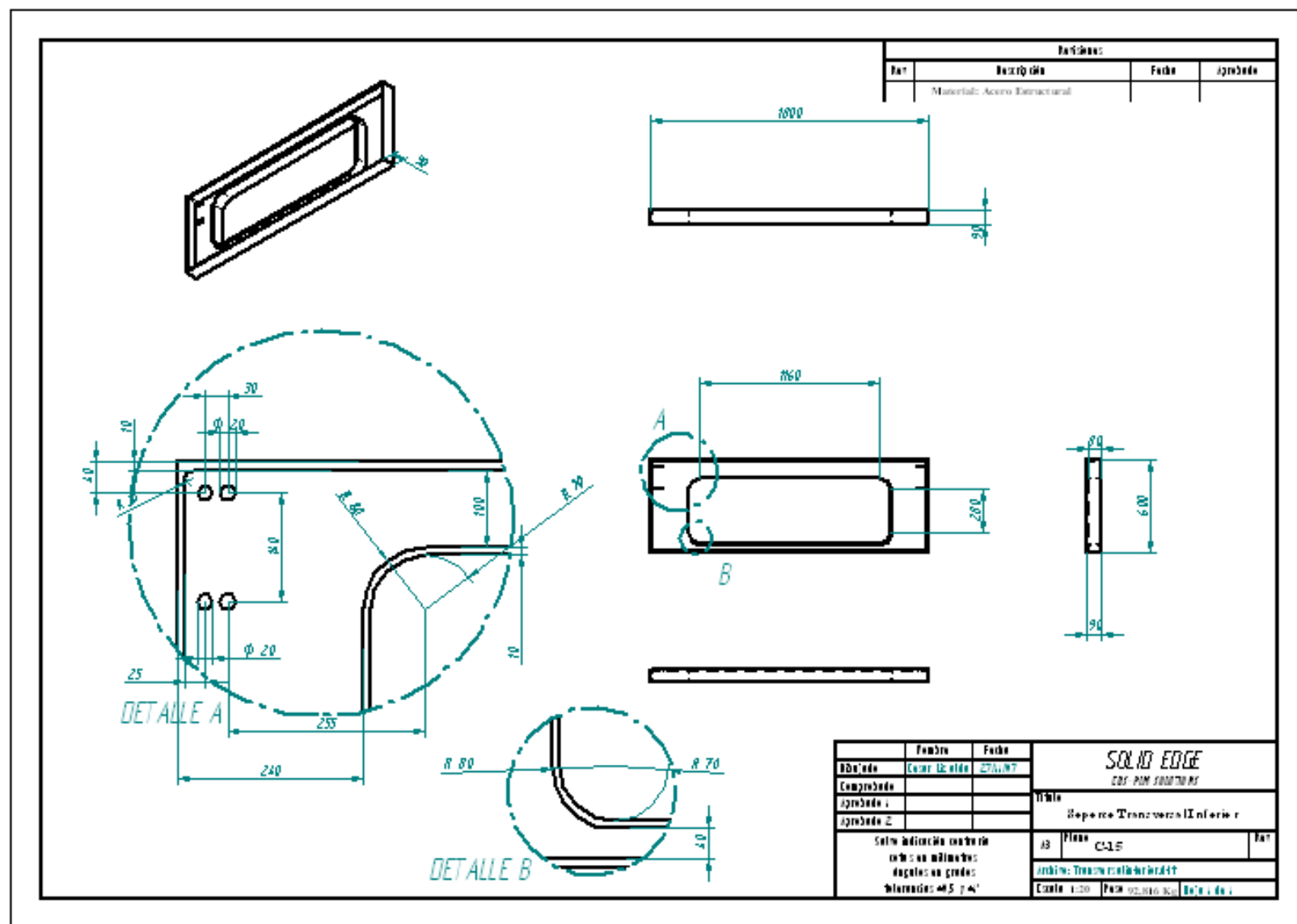


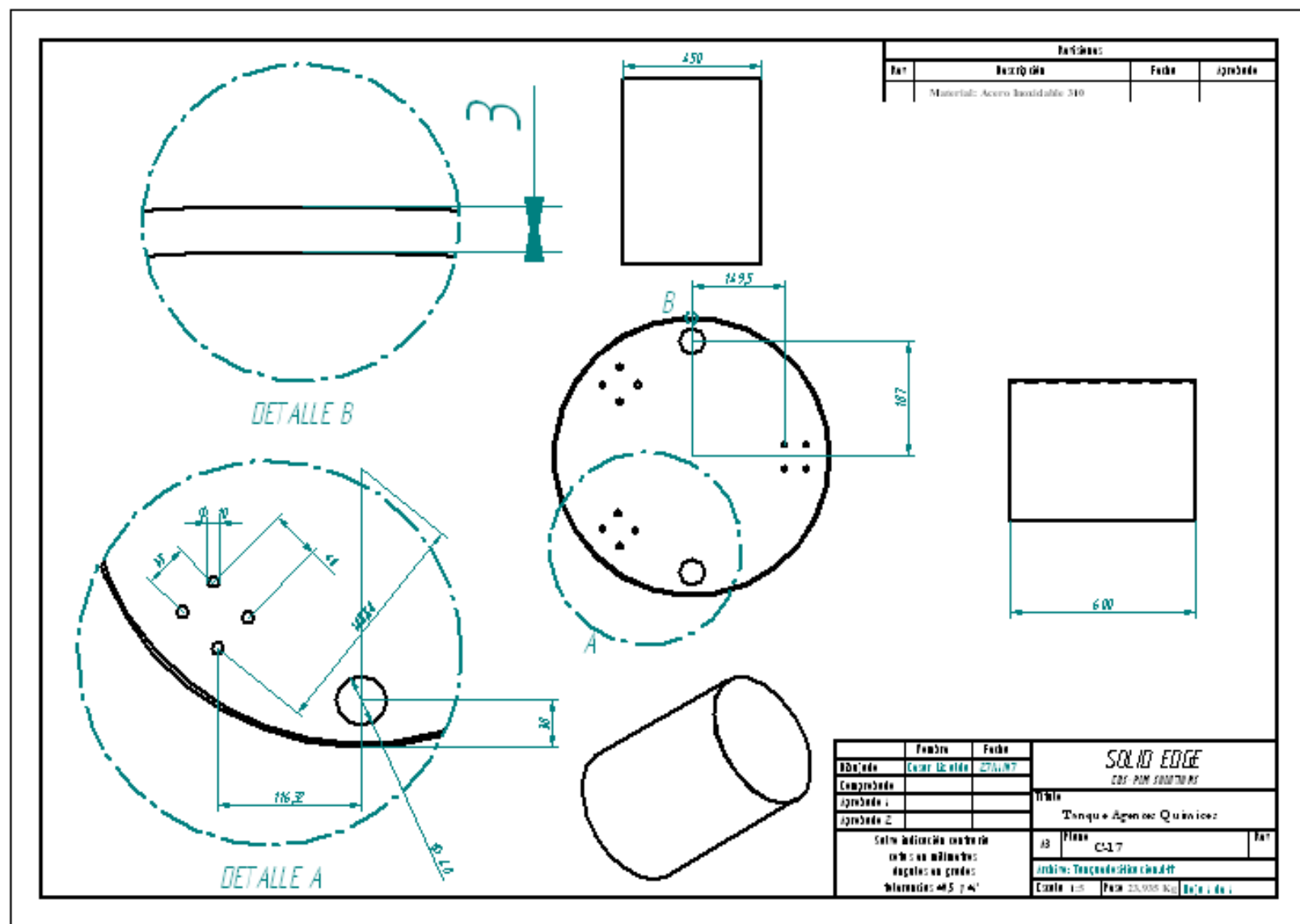












Anexo D. Formato de encuesta

En este anexo se presenta el formato de la encuesta personal realizada a los operarios y al gerente general de la fábrica de telas elásticas s.a.

Formato de la encuesta

1) ¿Cumple con sus expectativas la propuesta de esta máquina?

Si () **No** ()
Porque_____

2) ¿La considera necesaria para la empresa?

Si () **No** ()
Porque_____

3) ¿Cree usted que esta máquina le reducirá su esfuerzo físico al momento de cumplir con su trabajo?

Si () **No** ()
Porque_____

4) ¿Le da la impresión de que es segura?

Si () **No** ()
Porque_____

5) ¿Considera que podría manejarla?

Si () **No** ()
Porque_____

6) ¿Cree usted que mejorara la calidad de la tela?

Si () No ()
Porque_____

7) ¿Qué precio estaría dispuesto a pagar, teniendo las consideraciones anteriores?

\$_____

8) ¿Consideraría la posibilidad de comprarla si tuviera los medios?

Definitivamente () Probablemente () No la compraría ()
Porque_____

9) ¿Considera que faltó algo por tener en cuenta?

Si () No ()
Porque_____

Anexo E. Datos técnicos del motor seleccionado

Datos técnicos del motor seleccionado para la aplicación de este proyecto.

SIEMENS



CARACTERISTICAS TECNICAS MOTOR 1LA7 112-6YA66

Potencia Nominal (HP)	3.00	Potencia Nominal (kW)	2.23
Factor de Servicio	1.15	Frecuencia (Hz)	60
Voltaje Nominal (V)	220 / 440	Intensidad Nominal (A)	11.80 / 5.90
Intensidad a Factor de Servicio	12.9/6.45	Intensidad de Arranque	4.00
Numero de Fases	3	Velocidad Sincronica (rpm)	1200
Velocidad Nominal (rpm)	1150	Factor de Potencia a Carga Nominal	0.89
Eficiencia de Carga Nominal (%)	72.10	Torque Nominal (Nm)	18.58
Torque de Arranque	1.90	Torque Maximo	2.40
Momento de Inercia (kg/m2)	0.01100	Clase de Aislamiento	F
Tamaño Constructivo	IEC 112M	Grado de Proteccion Mecanica	IP55
Ejecucion	B35	Rodamiento Lado AS	6206-2Z/C3
Rodamiento Lado BS	6205-2Z/C3	Peso (kg)	26.70

CURVAS CARACTERISTICAS MOTOR 1LA7 112-6YA66

